



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y MANEJO  
DE RIESGOS NATURALES**

**“LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR EXTRACCIÓN DE  
MATERIAL PÉTREO EN EL BARRIO DE CASHAPAMBA”**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERO AMBIENTAL Y MANEJO DE RIESGOS NATURALES**

**LUIS ANDRÉS BARRIGA TORRES**

**DIRECTORA: BIÓLOGA ANITA ARGÜELLO MEJÍA MSc.**

**QUITO, Marzo 2014**

© Universidad Tecnológica Equinoccial. 2014  
Reservados todos los derechos de reproducción.

## DECLARACIÓN

Yo **LUIS ANDRÉS BARRIGA TORRES**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Tecnológica Equinoccial puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

---

Luis Barriga  
C.I.1720952892

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo que lleva por título “**La Contaminación Ambiental por Extracción de Material Pétreo en el Barrio de Cashapamba**”, que, para aspirar al título de **Ingeniero Ambiental y Manejo de Riesgos Naturales** fue desarrollado por **Luis Barriga**, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería; y cumple con las condiciones requeridas por el reglamento de Trabajos de Titulación artículos 18 y 25.

---

Bióloga Anita Argüello Mejía MSc.

**DIRECTORA DEL TRABAJO**

C.I. 1705861431

## **CERTIFICACIÓN**

A petición verbal del interesado:

En mi calidad de **DIRECTORA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL**, me permito certificar que el Señor **LUIS ANDRÉS BARRIGA TORRES**, estudiante egresado de la carrera de Ingeniería Ambiental y Manejo de Riesgos Naturales de la Universidad Tecnológica Equinoccial, portador de la cédula de ciudadanía No. 172095289-2, recibió el apoyo de la Dirección de Protección Ambiental del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Rumiñahui, para el desarrollo de su tesis que llevó por tema "*La contaminación ambiental por extracción de material pétreo en el Barrio de Cashapamba*", en las siguientes actividades:

- Apoyo en muestreos de los parámetros físico-químicos y microbiológicos de los recursos agua y suelo en el río Pita, para su análisis.
- Asistencia y apoyo en la medición de ruido ambiente y ubicación de los puntos de muestreo, con los equipos de la institución.
- Facilitación de información, del Sistema de Información Ambiental del Municipio de Rumiñahui (SIAR), en conjunto con la Dirección de Planificación y Participación Ciudadana del GADMUR.
- Asesoramiento técnico por funcionarios de la Dirección de Protección Ambiental.

Es todo cuanto puedo garantizar en honor a la verdad

Sangolquí, a los veinte días del mes de diciembre de dos mil trece.



**Ing. Jady Pérez G.**  
DIRECTORA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL  
GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO  
MUNICIPAL DE RUMIÑAHUI

## **DEDICATORIA**

Dedico esta investigación a mis padres Felipe Barriga y Geoconda Torres que con su amor, apoyo moral, y económico incondicionales concibieron en mí íntegros valores y enseñanzas que han contribuido a mi formación personal y profesional, ellos son sido sin duda el baluarte para obtener las metas propuestas a lo largo de mi vida. Con la esperanza de que algún día seré mejor que ellos.

A mi mejor amiga y enamorada Rolanda Zemblyte, por acompañarme en situaciones difíciles y momentos importantes brindándome sustento absoluto, es mi adoración para luchar y seguir adelante, es un ejemplo de persona, la cual ha permitido mostrarle lo mejor de mí.

**Luis Andrés Barriga Torres**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco en primer lugar a Dios por darme la vida y una segunda oportunidad en mi formación de educación superior, al no haber podido continuar en la Armada del Ecuador y cumplir uno de mis sueños, sin embargo por algo debe ser el destino y me siento muy agradecido por permitirme culminar satisfactoriamente esta etapa en la Universidad.

Un especial agradecimiento a la gestión universitaria por parte de mi Tutora y Docente Bióloga Anita Arguello Mejía MSc., por su firme guía, haciendo exitosa la realización de esta tesis.

Gracias a la Directora de Protección Ambiental, la Ing. Jady Pérez y su cuerpo de Técnicos Ambientales del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Rumiñahui, que brindaron las facilidades del caso con apoyo y constancia en las necesidades que se presentaron en el transcurso de mi formación profesional tanto como pasante, así como en el desarrollo de este proyecto. Se agradece a la Ing. María Fernanda Herrera MSc., por su soporte técnico en la presente tesis juntamente con el Instituto Nacional de Investigación Geológico, Minero, Metalúrgico.

Muchas gracias también al Ing. Bioquímico Carlos Ulloa MSc., de la Universidad Politécnica Salesiana, quién hizo posible la ejecución del análisis de calidad del aire otorgando la prestación del equipo y el correspondiente asesoramiento. Finalmente mi más sincero reconocimiento al Ing. Luis Tapia, funcionario de la concesión Panavial S.A.- H.C.C., quien permitió conocer la diligencia minera que se desarrolla en Cashapamba.

**Luis Andrés Barriga Torres**

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

	<b>PÁGINA</b>
<b>RESUMEN</b>	XVII
<b>ABSTRACT</b>	XVIII
<b>1.- INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>2.- MARCO TEÓRICO</b>	3
2.1.- CARACTERIZACIÓN GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO	3
2.2.- LA CONTAMINACIÓN	3
2.2.1.- HISTORIA DE LA CONTAMINACIÓN	3
2.3.- LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL	4
2.3.1.- TIPOS DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL	4
2.4.- AGUA	5
2.4.1.- GENERALIDADES	5
2.4.2.- CALIDAD DEL AGUA	6
2.4.3.- CONTAMINACIÓN DEL AGUA	8
2.5.- SUELO	9
2.5.1.- GENERALIDADES	9
2.5.2.- CALIDAD DEL SUELO	11
2.5.3.- CONTAMINACIÓN DEL SUELO	12
2.6.- AIRE	13
2.6.1.- GENERALIDADES	13
2.6.2.- CALIDAD DEL AIRE	14
2.6.3.- CONTAMINACIÓN DEL AIRE	14
2.6.3.1.- Generalidades sobre ruido	17
2.7.- MATERIALES PÉTREOS	19
2.7.1.- GENERALIDADES	19
2.7.2.- CLASIFICACIÓN EN GENERAL	19
2.7.2.1.- Materiales pétreos naturales	19
2.7.2.2.- Materiales pétreos artificiales	19
2.7.2.3.- Materiales pétreos industriales	20
2.7.3.- PROPIEDADES EN GENERAL	20
2.7.4.- USOS Y APLICACIONES	20
2.7.5.- OBTENCIÓN	21
2.7.5.1.- Proceso en general	21
2.8.- IMPACTO AMBIENTAL POR EXTRACCIÓN DE MATERIAL PÉTREO	22



2.8.1.- CLASIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES POR EXTRACCIÓN DE MATERIAL PÉTREO	23
2.8.2.- EL IMPACTO AMBIENTAL, Y LA EVALUACIÓN	24
2.8.3.- EFECTOS AMBIENTALES	25
2.9.- MARCO LEGAL	27
2.10.- MARCO CONTEXTUAL	30
2.10.1.- SISTEMA AMBIENTAL DEL CANTÓN RUMIÑAHUI	30
2.10.1.1.- Acciones ambientales del GADMUR para el Barrio Cashapamba	31
2.10.1.2.- Problemas ambientales del Cantón Rumiñahui	31
2.10.1.3.- Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable (AAAr)	32
2.10.1.4.- Indicadores de gestión ambiental	32
2.10.1.5.- Unidades ambientales	35
<b>3.- METODOLOGÍA</b>	<b>37</b>
3.1.- ENFOQUE	37
3.2.- MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN	37
3.2.1.- BIBLIOGRÁFICA	37
3.2.2.- DE CAMPO	38
3.3.- NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN	39
3.3.1.- EXPLORATORIA	39
3.3.2.- DESCRIPTIVA	39
3.4.- PERIODO DE INVESTIGACIÓN	39
3.5.- DISEÑO Y ANÁLISIS DE DATOS	40
3.6.- PROCEDIMIENTO	40
3.6.1.- CARACTERIZAR E IDENTIFICAR ESPECIFICAMENTE LA ZONA DE ESTUDIO	40
3.6.2.- ESTABLECER UNA LÍNEA BASE	42
3.6.3.- CARACTERIZAR LA DILIGENCIA Y PROCESOS IN SITU DE EXTRACCIÓN DE MATERIAL PÉTREO (ACTIVIDAD MINERA)	43
3.6.4.- CARACTERIZACIÓN, ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DEL RECURSO AGUA	44
3.6.4.1.- Planteamiento del muestreo para análisis físico-químico y microbiológico del recurso agua	44
3.6.4.2.- Materiales para el muestreo de análisis físico-químico y microbiológico del recurso agua	47
3.6.4.3.- Parámetros para análisis físico-químico y microbiológico del recurso agua	48

3.6.4.4.- Métodos para el muestreo de análisis físico-químico y microbiológico del recurso agua	48
3.6.5.- CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS MACROBIOLÓGICO PARA DETERMINAR LA CALIDAD DE AGUA (POR MACROINVERTEBRADOS)	55
3.6.5.1.- Planteamiento del muestreo de análisis microbiológico (macro-invertebrados) para determinar la calidad de agua	56
3.6.5.2.- Materiales para el muestreo de análisis microbiológico (macro-invertebrados) para determinar la calidad de agua	57
3.6.5.3.- Método para el muestreo de análisis microbiológico (macro-invertebrados) para determinar la calidad de agua	58
3.6.6.- CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL RECURSO SUELO	61
3.6.6.1.- Planteamiento del muestreo para análisis físico-químico del recurso suelo	61
3.6.6.2.- Materiales para el muestreo de análisis físico-químico del recurso suelo	63
3.6.6.3.- Parámetros para análisis físico-químico del recurso suelo	64
3.6.6.4.- Métodos para el muestreo de análisis físico-químico del recurso suelo	64
3.6.7.- CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DE CALIDAD DE AIRE	70
3.6.7.1.- Planteamiento del muestreo para análisis de calidad de aire	70
3.6.7.2.- Equipo y materiales para el muestreo de análisis de calidad de aire	72
3.6.7.3.- Parámetros para análisis de calidad de aire	73
3.6.7.4.- Método para el muestreo de análisis de calidad de aire	74
3.6.8.- CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DE RUIDO AMBIENTAL	79
3.6.8.1.- Planteamiento del muestreo para análisis de ruido ambiental	79
3.6.8.2.- Equipo y materiales para el muestreo de análisis de ruido ambiental	80
3.6.8.3.- Parámetros para análisis de ruido ambiental	81
3.6.8.4.- Método para el muestreo de análisis de ruido ambiental	82
<b>4.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>84</b>
4.1.- RESULTADO CARACTERIZACIÓN E IDENTIFICACIÓN ESPECÍFICA DE LA ZONA DE ESTUDIO	84
4.2.- RESULTADO DE LA CARACTERIZACIÓN DE LA LÍNEA BASE	87

4.3.- RESULTADO CARACTERIZACIÓN DE LA DILIGENCIA Y PROCESOS IN SITU DE EXTRACCIÓN DE MATERIAL PÉTREO (ACTIVIDAD MINERA)	93
4.3.1.- CONCESIONES EN FUNCIONAMIENTO	93
4.3.1.1.- Concesiones autónomas	93
4.3.1.2.- Arrendatarios	95
4.3.2.- ÁREA Y USO DE EXTRACCIÓN Y EXPLOTACIÓN DE MATERIAL PÉTREO (ACTIVIDAD MINERA)	96
4.3.3.- IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS	97
4.3.3.1.- Tipo de minería que se desarrolla	98
4.3.3.2.- Plantas de procesamiento	98
4.3.3.3.- Proceso en general de extracción y explotación de material pétreo	100
4.3.3.5.- Medios de compensación para la contaminación ambiental	112
4.4.- RESULTADO CARACTERIZACIÓN, ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL RECURSO AGUA	114
4.4.1.- PUNTO INICIAL (1) SENDERO RUMIBOSQUE “AGUA”	114
4.4.2.- PUNTO MEDIO (2) CONTAMINACIÓN CRÍTICA (ACTIVIDAD MINERA) “AGUA”	117
4.4.3.- PUNTO FINAL (3) AGUAS ABAJO CULMINACIÓN DE OPERACIONES MINERAS “AGUA”	120
4.4.4.- COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICO DEL RECURSO AGUA	123
4.5.- RESULTADO CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS MACROBIOLÓGICO, DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA (POR MACROINVERTEBRADOS)	128
4.5.1.- PUNTO INICIAL (1) SENDERO RUMIBOSQUE “ANÁLISIS MACROBIOLÓGICO (MACROINVERTEBRADOS)”	128
4.5.1.1.- Especificaciones de las especies (macroinvertebrados) por orden encontradas en el punto inicial (1) sendero Rumibosque	131
4.5.2.- PUNTO FINAL (2) AGUAS ABAJO, CULMINACIÓN DE OPERACIONES MINERAS “ANÁLISIS MACROBIOLÓGICO (MACROINVERTEBRADOS)”	135
4.5.2.1.- Especificaciones de las especies (macroinvertebrados) por orden encontradas en el punto final (2) aguas abajo en el puente sobre río Pita, vía Tababela (Troncal de la sierra E35, culminación de operaciones mineras)	139

4.5.3- COMPARCIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DEL ANÁLISIS MACROBIOLÓGICO, Y DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA (POR MACROINVERTEBRADOS)	140
4.6.- RESULTADO CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DEL RECURSO SUELO	141
4.6.1.- PUNTO (1) SENDERO RUMIBOSQUE “SUELO”	141
4.6.2.- PUNTO (2) CONTAMINACIÓN CRÍTICA (DONDE OPERAN LAS CONCESIONES MINERAS) “SUELO”	144
4.6.3.- COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DEL RECURSO SUELO	147
4.7.- RESULTADO CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DE CALIDAD DE AIRE	151
4.7.1.- PUNTO (1) CONTAMINACIÓN CRÍTICA (DONDE OPERAN LAS CONCESIONES MINERAS) “AIRE”	152
4.7.1.1.- Mediciones y promedio del monitoreo para el punto (1), calidad de aire	153
4.7.1.2.- Conversión de unidades para análisis y comparación de resultados de calidad de aire para el punto (1)	154
4.7.1.3.- Resultados obtenidos de los parámetros de calidad de aire para el punto (1) frente a la normativa ambiental del Anexo 4 del TULSMA	156
4.7.1.5.- Índice de calidad de aire para el punto (1), donde operan las concesiones mineras	157
4.7.2.- PUNTO (2) BARRIO CASHAPAMBA “AIRE”	159
4.7.2.1.- Mediciones y promedio del monitoreo para el punto (2), calidad de aire	161
4.7.2.2.- Conversión de unidades para análisis y comparación de resultados de calidad de aire para el punto (2)	162
4.7.2.4.- Resultados obtenidos de los parámetros de calidad de aire para el punto (2) frente a la normativa ambiental del Anexo 4 del TULSMA	163
4.7.2.5.- Índice de calidad de aire para el punto (2)	165
4.7.3.- COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN EL ANÁLISIS DE CALIDAD DE AIRE	167
4.7.3.1.- Comparación de los resultados obtenidos, mediante la lectura del equipo Haz-Scanner EPAS (modelo HIM-6000), tendencias, y conversión de unidades frente a las especificaciones del Libro VI, Anexo 4 del TULSMA	167

4.7.3.2.- Comparación de los resultados interpretados en la determinación del índice de calidad de aire, en base al IQCA	173
4.8.- RESULTADO CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DE RUIDO AMBIENTAL	177
4.8.1.- PUNTOS DE ENSAYO DE MONITOREO Y ANÁLISIS DE RUIDO AMBIENTAL	177
<b>5.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	182
5.1.- CONCLUSIONES	182
5.2.- RECOMENDACIONES	186
<b>6.- NOMENCLATURA / GLOSARIO</b>	189
<b>7.- BIBLIOGRAFÍA</b>	191
<b>8.- ANEXOS</b>	198

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>PÁGINA</b>
<b>Tabla 1.</b> Distribución del agua en la Tierra	6
<b>Tabla 2.</b> Productos de uso común y los residuos peligrosos que se generan en el suelo.	13
<b>Tabla 3.</b> Marco Legal	27
<b>Tabla 4.</b> Auto monitoreo por el sector industrial, comercial y de servicios de descargas líquidas que cumplen e incumplen la Ordenanza de Gestión Ambiental, 2010	33
<b>Tabla 5.</b> Métodos empleados para análisis físico-químico y microbiológico de parámetros del recurso agua	49
<b>Tabla 6.</b> Determinación de calidad de agua por número de especies monitoreadas en los ecosistemas acuáticos	60
<b>Tabla 7.</b> Métodos empleados para el análisis físico-químico de parámetros del recurso suelo	65
<b>Tabla 8.</b> Especificaciones de las cuantificaciones del instrumento (Haz-Scanner Epas) modelo HIM-6000	73
<b>Tabla 9.</b> Parámetros que mide el equipo Haz-Scanner EPAS (modelo HIM -6000), para análisis de calidad de aire	74
<b>Tabla 10.</b> Límites numéricos de cada categoría del IQCA ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	76
<b>Tabla 11.</b> Rangos, significados, y colores de las categorías del IQCA	77
<b>Tabla 12.</b> Límites máximos permisibles de ruido ambiental	83
<b>Tabla 13.</b> Coordenadas Barrio Cashapamba	85
<b>Tabla 14.</b> Coordenadas del Sendero Rumibosque	87
<b>Tabla 15.</b> Factores diagnósticos del ecosistema arbustal siempreverde montano del norte de los Andes.	90
<b>Tabla 16.</b> Coordenadas Punto Inicial (1) “aguas”, “Sendero Rumibosque”	115
<b>Tabla 17.</b> Resultados parámetros físico-químicos e microbiológicos “aguas” Punto Inicial (1), Sendero Rumibosque	116

<b>Tabla 18.</b> Coordenadas Punto Medio (2) “aguas”, Puente sobre Río Pita (Concesiones mineras, Punto Crítico de Contaminación)	117
<b>Tabla 19.</b> Resultados parámetros físico-químicos e microbiológicos “aguas” Punto Medio (2), contaminación concesiones mineras	119
<b>Tabla 20.</b> Coordenadas Punto Final (3) “aguas”, “Puente sobre Río Pita” (Vía E35 camino a Tababela, culminación de actividades mineras; aguas abajo)	121
<b>Tabla 21.</b> Resultados parámetros físico-químicos e microbiológicos agua Punto Final (3), aguas abajo culminación de operaciones mineras	122
<b>Tabla 22.</b> Comparación parámetros físico-químicos e microbiológicos de los tres puntos de ensayo (aguas)	124
<b>Tabla 23.</b> Coordenadas Punto Inicial (1), “Sendero Rumibosque” (Río Pita, Macroinvertebrados)	128
<b>Tabla 24.</b> Resultado análisis microbiológico (macroinvertebrados) en el Punto Inicial (1) “Sendero Rumibosque”, determinación de calidad de agua	129
<b>Tabla 25.</b> Resultado especies encontradas para análisis microbiológico (macroinvertebrados) en el Punto Inicial (1) “Sendero Rumibosque”	130
<b>Tabla 26.</b> Coordenadas Punto Final (2), “Puente sobre Río Pita” (Vía E35 camino a Tababela, culminación de actividades mineras; aguas abajo “macroinvertebrados”)	136
<b>Tabla 27.</b> Resultado análisis microbiológico (macroinvertebrados) en el Punto Final (2) “Sendero Rumibosque”, determinación de calidad de agua	137
<b>Tabla 28.</b> Resultado especies encontradas para análisis microbiológico (macroinvertebrados) en el Punto Final (2) “aguas abajo”, puente sobre río Pita, vía Tababela (Troncal de la sierra E35, culminación de operaciones mineras)	138
<b>Tabla 29.</b> Comparación análisis microbiológico de los dos puntos de ensayo (macroinvertebrados)	140

<b>Tabla 30.</b> Coordenadas Punto (1) “suelos”, “Sendero Rumibosque”	142
<b>Tabla 31.</b> Resultados parámetros físico-químicos “suelos”, Punto (1), Sendero Rumibosque	143
<b>Tabla 32.</b> Coordenadas y Ubicación Punto (2) “suelos”, “Puente sobre Río Pita” (Concesiones mineras, Punto Crítico de Contaminación)	144
<b>Tabla 33.</b> Resultados parámetros físico-químicos “suelos”, Punto (2), crítico de la contaminación (operación de las concesiones mineras)	146
<b>Tabla 34.</b> Comparación parámetros físico-químicos de los dos puntos de ensayo (suelos)	147
<b>Tabla 35.</b> Coordenadas Punto (1) “aire”, “Puente sobre Río Pita” (Concesiones mineras, Punto Crítico de Contaminación)	152
<b>Tabla 36.</b> Medidas y promedio para el punto (1), análisis de calidad de aire	154
<b>Tabla 37.</b> Resultados parámetros de calidad de aire en el punto (1) contaminación crítica (donde operan las concesiones mineras)	156
<b>Tabla 38.</b> Índice de calidad de aire en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , en el punto (1) contaminación crítica donde operan las concesiones mineras.	158
<b>Tabla 39.</b> Coordenadas Punto (2) “aire”, Barrio Cashapamba	160
<b>Tabla 40.</b> Medidas y promedio para el punto (2), análisis de calidad de aire	162
<b>Tabla 41.</b> Resultados parámetros de calidad de aire en el punto (2) Barrio Cashapamba	164
<b>Tabla 42.</b> Índice de calidad de aire en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , en el punto (2) Barrio Cashapamba	166
<b>Tabla 43.</b> Comparación parámetros de análisis de calidad de aire de los dos puntos de ensayo (mediante equipo Haz-Scanner EPAS)	168
<b>Tabla 44.</b> Comparación parámetros de contaminantes del índice de calidad de aire de los dos puntos de ensayo (basados en el IQCA, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	173
<b>Tabla 45.</b> Coordenadas, “Análisis de ruido ambiental” (Concesiones mineras, Punto Crítico de Contaminación)	177
<b>Tabla 46.</b> Resultados monitoreo de análisis de ruido ambiental (fuentes fijas de contaminación acústica, concesiones mineras)	179



# ÍNDICE DE FIGURAS

## PÁGINA

<b>Figura 1.</b> Procesos en general para la extracción y explotación de material pétreo	22
<b>Figura 2.</b> Indicadores de gestión ambiental	35
<b>Figura 3.</b> Mapa de Unidades Ambientales Cantón Rumiñahui	36
<b>Figura 4.</b> Mapa del área in situ de estudio y lugares de caracterización que determinaron la contaminación ambiental en Cashapamba	41
<b>Figura 5.</b> Panorama general de los tres puntos de muestreo para análisis físico-químico y microbiológico del recurso agua	46
<b>Figura 6.</b> Materiales y equipos para el muestreo de análisis de calidad de agua	47
<b>Figura 7.</b> Esquema del proceso de muestreo para análisis físico-químico y microbiológico del recurso agua.	53
<b>Figura 8.</b> Panorama general de los dos puntos de muestreo de análisis microbiológico (macroinvertebrados), para calidad de agua.	57
<b>Figura 9.</b> Materiales y equipos para el muestreo de análisis microbiológico (macroinvertebrados)	58
<b>Figura 10.</b> Esquema del proceso de muestreo análisis microbiológico (macroinvertebrados) para calidad de agua.	59
<b>Figura 11.</b> Vista general de los dos puntos de muestreo para análisis físico- químico del recurso suelo	62
<b>Figura 12.</b> Materiales y equipos para el muestreo de análisis de calidad de suelo	63
<b>Figura 13.</b> Triangulo de textura, para identificar el tipo de suelo	67
<b>Figura 14.</b> Esquema del proceso de muestreo para análisis físico-químico del recurso suelo	69
<b>Figura 15.</b> Perspectiva general de los dos puntos de muestreo para análisis de calidad de aire	71

<b>Figura 16.</b> Equipo (Haz-scanner EPAS), modelo HIM-6000	72
<b>Figura 17.</b> Esquema del proceso de muestreo para análisis de calidad de aire	75
<b>Figura 18.</b> Representación general de los cinco puntos de muestreo para análisis de ruido ambiental	80
<b>Figura 19.</b> Equipo Quest (model-2900)	81
<b>Figura 20.</b> Esquema del proceso de muestreo para análisis de ruido ambiental	83
<b>Figura 21.</b> Orden de presentación de los resultados y discusiones	84
<b>Figura 22.</b> Ubicación del Barrio Cashapamba	86
<b>Figura 23.</b> Ubicación del Sendero Rumibosque.	87
<b>Figura 24.</b> Ubicación de los ecosistemas de tipo arbustal siempreverde montano del norte de los Andes	89
<b>Figura 25.</b> Diagrama de Temperatura vs. Precipitación del ecosistema arbustal siempreverde montano del norte de los Andes	91
<b>Figura 26.</b> Ecosistema arbustal siempreverde montano del norte de los Andes	92
<b>Figura 27.</b> Logotipo concesión minera Panavial-H.C.C., (Panamericana vial S.A.- Herdoíza Crespo Construcciones)	94
<b>Figura 28.</b> Logotipo concesión minera Consermin (construcciones y servicios de minería S.A.)	95
<b>Figura 29.</b> Área de explotación y extracción de material pétreo (actividad minera)	97
<b>Figura 30.</b> Planta trituradora de la empresa Panavial S.A.- H.C.C.	99
<b>Figura 31.</b> Planta de hormigón de la empresa Panavial S.A.- H.C.C.	100
<b>Figura 32.</b> Esquema del proceso en general de extracción y explotación de material pétreo (actividad minera).	101
<b>Figura 33.</b> Desbroce en canteras	102
<b>Figura 34.</b> Desbroce en el cauce del río Pita	103
<b>Figura 35.</b> Secado de material.	103
<b>Figura 36.</b> Proceso de Cribado	104
<b>Figura 37.</b> Trituración Primaria	105
<b>Figura 38.</b> Trituración Secundaria	105

<b>Figura 39.</b> Trituración Terciaria	106
<b>Figura 40.</b> Generadores eléctricos y tanque de diésel para los procesos de trituración	106
<b>Figura 41.</b> Proceso de Hormigonado	107
<b>Figura 42.</b> Proceso del sistema scada, y carga en tolvas o tanques de almacenamiento	107
<b>Figura 43.</b> Tanque de diésel y generadores eléctricos para planta asfáltica	108
<b>Figura 44.</b> Temperatura de operación para la refinación del asfalto	108
<b>Figura 45.</b> Proceso de carga de material, refinado de asfalto	109
<b>Figura 46.</b> Báscula para el pesaje de los vehículos pesados (volquetas)	109
<b>Figura 47.</b> Proceso de distribución y transporte	110
<b>Figura 48.</b> Señalización Industrial para evitar riesgos laborales	111
<b>Figura 49.</b> Áreas de: comedor; parqueadero; oficinas y residencia de Panavial S.A.-H.C.C.	111
<b>Figura 50.</b> Plantas de tratamiento de agua	112
<b>Figura 51.</b> Reforestación con eucalipto en el sendero del río Pita donde se desarrolla la actividad minera	113
<b>Figura 52.</b> Control de polvo por regadío	113
<b>Figura 53.</b> Ubicación Punto inicial (1), muestreo para análisis físico-químico e microbiológico del recurso agua en el Sendero Rumibosque.	115
<b>Figura 54.</b> Ubicación Punto medio (2), muestreo para análisis físico-químico e microbiológico del recurso agua en el punto crítico de contaminación	118
<b>Figura 55.</b> Ubicación Punto Final (3) “aguas abajo”, muestreo para análisis del recurso agua culminación de operaciones mineras.	121
<b>Figura 56.</b> Punto Inicial (1) muestreo análisis microbiológico (macroinvertebrados), para calidad de agua.	129
<b>Figura 57.</b> Especies encontradas, análisis microbiológico (macroinvertebrados) en el Punto Inicial (1) “Sendero Rumibosque”	131
<b>Figura 58.</b> Plecóptero - Perlidae o perla	132
<b>Figura 59.</b> Tricópteros - Hydropsychidae	132

<b>Figura 60.</b> Coleópteros: Scirtidae.	133
<b>Figura 61.</b> Díptero – Chironomidae	133
<b>Figura 62.</b> Tricóptero – Hydrobiosidae.	134
<b>Figura 63.</b> Amphipodas - Gammaridae o gambas.	134
<b>Figura 64.</b> Díptero - Blephariceridae	134
<b>Figura 65.</b> Efemerópteros - Baetidae para el punto inicial (1) sendero Rumibosque	135
<b>Figura 66.</b> Oligoquetos- Annelida para el punto inicial (1) sendero Rumibosque	135
<b>Figura 67.</b> Ubicación Punto Final (2), muestreo análisis microbiológico (macroinvertebrados)	136
<b>Figura 68.</b> Especies encontradas, análisis microbiológico (macroinvertebrados) en el Punto Final (2) “aguas abajo, puente sobre río Pita, vía Tababela (Troncal de la sierra E35, culminación de operaciones mineras).”	138
<b>Figura 69.</b> Efemerópteros - Baetidae para el punto final (2) aguas abajo “culminación de operaciones mineras”	139
<b>Figura 70.</b> Oligoquetos - Annelida para el punto final (2) aguas abajo “culminación de operaciones mineras”	140
<b>Figura 71.</b> Ubicación Punto (1), muestreo análisis físico-químico del recurso suelo en el Sendero Rumibosque	142
<b>Figura 72.</b> Ubicación Punto (2), muestreo análisis físico-químico del recurso suelo en el punto crítico de la contaminación (operación de las concesiones mineras)	145
<b>Figura 73.</b> Ubicación Punto (1), muestreo análisis calidad de aire en el punto crítico de la contaminación (operación de las concesiones mineras)	152
<b>Figura 74.</b> Ubicación Punto (2), muestreo análisis calidad de aire en el Barrio Cashapamba	160
<b>Figura 75.</b> Ubicación general y panorámica de los cinco Puntos de muestreo para análisis de ruido ambiental.	178

## ÍNDICE DE ANEXOS

## PÁGINA

<b>ANEXO N° 1.</b>	198
Línea base ambiental planteada, sendero Rumibosque, fotografías tomadas de Google Imágenes, (2013)	
<b>ANEXO N° 2.</b>	199
Mapa de actividad minera en la Jurisdicción del Cantón Rumiñahui, y Barrio Cashapamba	
<b>ANEXO N° 3.</b>	201
Fotografías línea base ambiental sendero Rumibosque, insitu	
<b>ANEXO N° 4.</b>	202
Copia del mapa del diagnóstico general de las concesiones mineras que operan en el Cantón Rumiñahui	
<b>ANEXO N° 5.</b>	204
Fotografías insitu del tipo de minería que se desarrolla en el área de la investigación efectuada	
<b>ANEXO N° 6.</b>	205
Fotografías insitu planta trituradora Panavial S.A. - H.C.C.	
<b>ANEXO N° 7.</b>	206
Fotografías insitu planta asfáltica Panavial S.A. - H.C.C.	
<b>ANEXO N° 8.</b>	207
Fotografías muestreo caracterización, análisis físico-químico y microbiológico del recurso agua en el punto inicial (1) “Sendero Rumibosque”	
<b>ANEXO N° 9.</b>	208
Resultados caracterización, análisis físico-químico y microbiológico del recurso agua en el punto inicial, (1) “Sendero Rumibosque”	
<b>ANEXO N° 10.</b>	211
Fotografías punto Crítico de la contaminación, lavado de sustancias y compuestos peligrosos, “donde operan las concesiones minera”	

<b>ANEXO N° 11.</b>	212
Fotografías muestreo caracterización, análisis físico-químico y microbiológico del recurso agua en el punto medio (2), “crítico de la contaminación”	
<b>ANEXO N° 12.</b>	213
Resultados caracterización, análisis físico-químico y microbiológico del recurso agua en el punto medio (2), “crítico de la contaminación, donde operan las concesiones mineras”	
<b>ANEXO N° 13.</b>	216
Fotografías muestreo caracterización, análisis físico-químico y microbiológico del recurso agua en el punto final (3), “aguas abajo, finalización de operaciones mineras, puente vía a Tababela, Troncal de la Sierra E35”	
<b>ANEXO N° 14.</b>	217
Resultados caracterización, análisis físico-químico y microbiológico del recurso agua en el punto final (3), “aguas abajo, finalización de operaciones mineras, puente vía a Tababela, Troncal de la Sierra E35”	
<b>ANEXO N° 15.</b>	221
Fotografías muestreo caracterización y análisis microbiológico “macroinvertebrados”, en el punto inicial (1) “Sendero Rumibosque”	
<b>ANEXO N° 16.</b>	222
Fotografías muestreo caracterización y análisis microbiológico “macroinvertebrados”, en el punto final (2) “aguas abajo, finalización de operaciones mineras, puente vía a Tababela, Troncal de la Sierra E35”	
<b>ANEXO N° 17.</b>	223
Fotografías muestreo caracterización y análisis físico-químico del recurso suelo en el punto (1), “Sendero Rumibosque”	
<b>ANEXO N° 18.</b>	224
Resultados caracterización y análisis físico-químico del recurso suelo en el punto (1), “Sendero Rumibosque”	

<b>ANEXO N° 19.</b>	226
Fotografías muestreo caracterización y análisis físico-químico del recurso suelo en el punto (2), “crítico de la contaminación lavado de sustancias y compuestos peligrosos donde operan las concesiones mineras”	
<b>ANEXO N° 20.</b>	227
Resultados caracterización y análisis físico-químico del recurso suelo en el punto (2). “crítico de la contaminación lavado de sustancias y compuestos peligrosos donde operan las concesiones mineras”	
<b>ANEXO N° 21.</b>	229
Fotografías ensayo análisis e índice de calidad del aire en el punto (1), “crítico de la contaminación donde operan las concesiones mineras”	
<b>ANEXO N° 22.</b>	230
Fotografías ensayo análisis e índice de calidad del aire en el punto (2), “Barrio Cashapamba”	
<b>ANEXO N° 23.</b>	231
Fotografías monitoreo y análisis de ruido ambiental, en las fuentes fijas de contaminación acústica de Panavial S.A. - H.C.C., y Consermin S.A.	

## RESUMEN

En el Cantón Rumiñahui, la actividad minera se desarrolla extensamente sin control y regularización alguna, la cual genera problemas ambientales entre ellos contaminación del agua, suelo, aire, ruido ambiente, alteración de la cobertura vegetal, e impacto en los habitantes aledaños. En la parroquia de Sangolquí se encuentra el Barrio Cashapamba a la altura del redondel el colibrí junto a la vía internacional Troncal de la Sierra E35. La vigente legislación no ha tenido la potestad suficiente para controlar los impactos generados por la influencia de la actividad, especialmente en temas ambientales y en seguridad y salud ocupacional. La metodología utilizada consistió en conceder un diagnóstico actual de “la contaminación ambiental por extracción de material pétreo en el Barrio de Cashapamba” para el GADMUR, a través de trabajos de campo, laboratorio y procesamiento de datos en escritorio, se realizaron inspecciones para el reconocimiento de: área de extensión de la actividad, que resultó ser de 8km<sup>2</sup>.; tipo de minería, “aluvial”.; plantas de procesamiento de material pétreo que se identificó: la de triturado, hormigón y asfáltica.; concesiones mineras que operan: Panavial S.A. - H.C.C., Consermin S.A., arrendatarios.; y toma de muestras y ensayos. En sí toda la afectación que produce la diligencia minera en donde se extraen, explotan y transforman los recursos minerales. Los resultados de la investigación determinaron afectaciones alarmantes de varios contaminantes, de parámetros físico-químicos, microbiológicos y macrobiológicos, en los recursos: agua, incumplimiento con índice de coliformes fecales, oxígeno disuelto, sólidos suspendidos y turbidez.; mediante análisis de macroinvertebrados se detectó que el índice de calidad de agua del río Pita se encuentra fuertemente contaminado después de la actividad minera.; en el sendero Rumibosque donde el agua se halla ligeramente contaminada. En el medio suelo, en sedimento se halló un valor de 536 mg/Kg de Hidrocarburos Totales de Petróleo, que está muy por encima del límite permisible, y que las condiciones del suelo en humedad, contenido de materia orgánica, textura y tipo de suelo son factibles para llevar a cabo una adecuada restauración y reforestación en el área de explotación.; la exposición de los trabajadores de las concesiones al aire y ruido ambiente detectada, no es apta, debido a los valores encontrados por encima de los límites permisibles de la normativa, pudiendo ocasionar enfermedades crónicas y trastornos prolongados por la permanencia de la actividad hasta el año 2038. Finalmente a través del diagnóstico actual de la investigación efectuada permitirá coadyuvar en la toma de decisiones por parte de las Autoridades competentes.



## ABSTRACT

In the Canton Rumiñahui, mining is extensively developed without any control and regularization, which generates environmental problems including water pollution, soil, air, ambient noise, disturbance of vegetation cover, and impact on the surrounding residents. Cashapamba district is located in Sangolqui parish, 5 minutes by bus from hummingbird ring of Sangolqui, in Northeast of the Country. The current legislation has not had sufficient power to control the impacts generated by the influence of activity, especially on environmental issues and occupational safety and health. The methodology was used to give a current diagnosis of "environmental contamination by extraction of stone material in the neighborhood of Cashapamba" for GADMUR through fieldwork, laboratory and data processing desk for recognition of inspections were performed: areal extent of the activity, which proved to be of 8km<sup>2</sup>, kind of mining, "alluvial."; stone processing plant material was identified: the crushing, concrete and asphalt, mining concessions operate Panavial SA - H.C.C., and sampling and testing. Itself produces all the effects that mining diligence where are extracted, transformed and exploit mineral resources. The results of the investigation determined alarming affectations of various pollutants and physico-chemical, microbiological and macrobiológicos parameters, resources: water, non-compliance with index fecal coliform, dissolved oxygen, suspended solids and turbidity, by analyzing macroinvertebrados was found that quality index Pita river water is heavily contaminated after the mining activity in the Rumibosque path where the water is slightly polluted; in the middle ground, sediment value of 536 mg / kg Total Petroleum Hydrocarbons, which is well above the permissible limit, and soil conditions moisture, organic matter content, texture and soil type are feasible to carry out to adequate restoration and reforestation with native plants in the area of exploitation, worker exposure to air concessions. Ambient noise is detected that is not suitable because the values found above the permissible limits of regulations, and may cause chronic disease and prolonged by the continuance of the activity until 2038 disorders. Finally through of actual diagnosis of this developed research will allow to contribute making decisions by the competent authorities.

## **1.- Introducción**

# 1.- INTRODUCCIÓN

En el valle de los Chillos, Cantón Rumiñahui los paisajes verdes han sido, son y serán devastados a lo largo del tiempo en sus límites cantonales, con los pocos páramos, montañas, vegetación y especies autóctonas que posee. La explotación de material pétreo en especial para la construcción de carreteras, obras de infraestructura, puentes, es una diligencia que se ha desarrollado frecuentemente con poco control sobre el medio ambiente causando pérdidas y efectos devastadores, y hasta irreversibles a la que la población está expuesta, en general una contaminación ambiental masiva.

La actual Ordenanza de Gestión Ambiental Local se usa como herramienta para el control forestal, pero esta no aplica a la problemática ambiental de esta investigación para su respectiva sanción y los objetivos de aplicar la ley con la potestad suficiente para controlar, mitigar y compensar la actividad minera que se desarrolla en la jurisdicción del Cantón. En la Dirección de Protección Ambiental del GADMUR, se mantuvieron reuniones ejecutivas entre todo el nivel Directivo, en las cuales se plantearon debates de los problemas que surgen con respecto al cuidado del medio ambiente, se identificaron dos, y fueron: **Primero** actividades ganaderas, florícolas, pastoreo, agricultura, construcciones, y expansión territorial en los últimos páramos donde nacen las vertientes del Cantón, como lo es el río Pita.; y **segundo** la intensificación de la actividad minera que se extiende a lo largo de los límites cantonales entre el Cantón Quito y el Barrio Cashapamba perteneciente a la parroquia de Sangolquí, junto a la vía internacional Troncal de la Sierra E35. A la altura del redondel el colibrí (GADMUR, 2012).

De esta manera surgió la necesidad de realizar un diagnóstico de la situación actual del Cantón y sus recursos minerales, específicamente en el Barrio Cashapamba donde operan mencionadas actividades.

Se definió que el **objetivo general** de la investigación fue determinar las causas y efectos de la contaminación ambiental por extracción de material pétreo en el Barrio de Cashapamba que genera impactos negativos en el suelo, agua, aire y ruido ambiente. Mientras que los **objetivos específicos** fueron:

- Conocer y establecer los procesos y maquinaria utilizada para la extracción, explotación y transformación del material pétreo en la zona in situ donde operan las concesiones (diligencia minera).
- Comparar mediante muestreo y análisis de parámetros físicos-químicos, microbiológicos, y macrobiológicos las afectaciones en los medios o recursos agua, suelo, aire y ruido ambiente, para discutir y verificar los resultados obtenidos con el cumplimiento de la normativa ambiental.
- Determinar los índices de calidad de agua y aire por uso y exposición de la actividad minera.

La presente investigación consistió de la siguiente manera: en el primer capítulo se revisó el marco teórico desde el marco legal vigente, el marco contextual, y temas competentes al tema desarrollado., en el segundo capítulo se relatan las técnicas, métodos, planteamientos y procedimientos utilizados para establecer las causas y efectos de la contaminación ambiental en los recursos y factores ambientales agua, suelo, aire y ruido ambiente., en el tercer capítulo se detallan específicamente los resultados obtenidos de la investigación, que fueron interpretados para determinar el cumplimiento acorde a la normativa ambiental vigente, el uso y exposición a la cual están sometidos los trabajadores de las concesiones mineras en el área de extracción, explotación y transformación del material pétreo. Finalmente el cuarto y último capítulo describe las conclusiones y recomendaciones de la tesis efectuada, que se ejecutó con gran éxito y satisfacción.

## **2.- Marco Teórico**

## **2.- MARCO TEÓRICO**

### **2.1.- CARACTERIZACIÓN GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO**

El Barrio de Cashapamba pertenece a la parroquia de Sangolquí, Cantón Rumiñahui en la provincia de Pichincha, se *“encuentra ubicado en el nororiente del Valle de los Chillos, cuyos dos mil moradores se dedican a actividades agrícolas o salen a trabajar en Sangolquí y en Quito. Con una historia de más de cinco décadas, este barrio asentado en lo que fueran potreros para el pastoreo o amplios campos de maizales, empieza a organizarse para superar una necesidad históricamente postergada como es la falta de acceso a servicios públicos de salud”* (Revista La Hora, 2011).

### **2.2.- LA CONTAMINACIÓN**

La **contaminación** *“es aquella alteración en el medio ambiente que puede provocar daños en un ecosistema, en el medio físico o en los seres vivos”* (Bonet, 1991).

#### **2.2.1.- HISTORIA DE LA CONTAMINACIÓN**

El comportamiento social del hombre, que lo condujo a comunicarse por medio del lenguaje, y que posteriormente formó la cultura humana, le permitió diferenciarse de los demás seres vivos, pero mientras ellos se adaptan al medio ambiente para sobrevivir, el hombre adapta y modifica ese mismo medio según sus necesidades (Nieto, 2002).

Según Bonet (1991), *“el progreso tecnológico y el acelerado crecimiento demográfico, producen la alteración del medio, llegando en algunos casos a*

*atentar contra el equilibrio biológico de la Tierra. No es que exista una incompatibilidad absoluta entre el desarrollo tecnológico, el avance de la civilización y el mantenimiento del equilibrio ecológico, pero es importante que el hombre sepa armonizarlos”.*

## **2.3.- LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL**

Según Arellano y Guzmán (2011), la contaminación ambiental se define como *“la presencia de sustancias, energía u organismos extraños en un ambiente determinado en cantidades, tiempo y condiciones tales que causen desequilibrio ecológico”.*

### **2.3.1.- TIPOS DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL**

Arellano y Guzmán (2011) manifiestan dos grandes tipos de contaminación son; ***I. Por su origen, y II. Por el tipo de contaminante***. I **Por su origen** se clasifican en dos tipos: *a. Contaminación natural*, esta es la contaminación debida a fenómenos naturales, como la erosión y las erupciones volcánicas y está relacionada con la composición de suelos, aguas y los componentes de algunos alimentos.; y *b. Contaminación antropogénica*, que es la generada por las actividades del hombre y es más grave por la naturaleza y la gran variedad de contaminantes generados, dichas actividades son las industriales, **mineras**, agropecuarias, artesanales y domésticas.

**II. Por el tipo de contaminante** se clasifica en: *a. Contaminación biológica*, esta contaminación se presenta cuando un microorganismo (virus, hongo o bacteria) se encuentra en un ambiente que no le corresponde y causa daños a los demás organismos que lo habitan.;

*b. Contaminación física*, esta contaminación es la provocada por agentes físicos como radiaciones ionizantes, energía nuclear, ruido, presiones extremas, calor y vibraciones.; y *c. Contaminación química*, que es la provocada por diferentes sustancias de uso industrial y doméstico, que se encuentran dispersas en el ambiente. Puede considerarse a este tipo como el más grave de los tres, pues dichas sustancias las podemos encontrar en los tres estados de la materia, líquido, sólido y gaseoso (Glynn & Heinke, 1999).

## **2.4.- AGUA**

### **2.4.1.- GENERALIDADES**

El agua es *“uno de los componentes más abundantes en la naturaleza ya que cubre aproximadamente tres cuartas partes de la superficie total de la tierra”* (Arellano & Guzmán, 2011).

Según la Environmental Engineering Mc Graw Hill Company (1986), *“el 97% del total de agua disponible se encuentra en los océanos y otros cuerpos de agua salina y no se puede utilizar para diversos propósitos. El 3% restante, casi el 2% se encuentra distribuida en los glaciares, en la atmósfera o mezclada con el suelo, por lo que no es tan accesible”*. De tal manera para el desarrollo y sostenimiento de la vida humana, con sus diversas actividades industriales y agrícolas, se dispone aproximadamente del 0,62% del agua restante, que se encuentra en lagos, ríos y nivel freático como los datos que se presentan en la Tabla 1.



**Tabla 1.** Distribución del agua en la Tierra

LOCALIZACIÓN	VOLUMEN, 10 <sup>12</sup> m <sup>3</sup>	% DEL TOTAL
Área continental:		
Lagos	125	0,009
Lagos salados y mares continentales	104	0,008
Ríos (volumen promedio instantáneo)	1,12	0,0001
Mezcla con el suelo	67	0,005
Agua subterránea (profundidad cercana a los 4000 m)	8350	0,61
Diques y glaciares	29200	2,14
Total del agua continental	37800	2,8
Disuelta en la atmósfera (vapor de agua)	13	0,001
Océanos	1320000	97,3
TOTAL DE AGUA EN LA TIERRA	1360000	100

(Arellano & Guzmán, 2011).

#### **2.4.2.- CALIDAD DEL AGUA**

Glynn y Heinke (1999), expresan que la calidad del agua “*es un factor que incide directamente en la salud de los ecosistemas y el bienestar humano: de ella depende la biodiversidad, la calidad de los alimentos, las actividades económicas, entre otras*”. Por tanto, la calidad de agua es también un factor influyente en la determinación de la pobreza o riqueza de un país. Desde la perspectiva de su gestión, la calidad del agua se define por su uso final.

Así, el agua para la recreación, la pesca, la bebida o como hábitat para organismos acuáticos requiere de mayores niveles de pureza, mientras que para obtener energía hidráulica, por ejemplo, las normas de calidad son mucho menos importantes. Sin embargo, debemos tener en cuenta que después de su uso el agua suele volver de nuevo al sistema hidrológico, de manera que si se deja sin tratamiento puede acabar afectando gravemente al medio.

Para poder definir la contaminación del agua, es necesario conocer primero cuáles son los parámetros fisicoquímicos que la definen para su uso y para los procesos de tratamiento de aguas, descargas y aguas residuales, lo que resulta de gran importancia para el estudio de Ingeniería Ambiental. Y los cuales se detallan a continuación.

#### ✓ **Parámetros físicos de la calidad del agua**

Glynn y Heinke (1999), describen que *“los parámetros físicos definen aquellas cualidades del agua que responden a los sentidos de la vista, del tacto, gusto y olfato, de los que se pueden mencionar los sólidos suspendidos, turbiedad, color, sabor, olor, y temperatura”*.

#### ✓ **Parámetros químicos de la calidad del agua**

El agua *“es la llamada solvente universal de los que se pueden mencionar son los sólidos disueltos totales, alcalinidad, dureza, fluoruros, materia orgánica y nutrientes”*. Estos parámetros químicos son notorios, ya que tienen una relación íntima con la capacidad del agua para disolverse, y que es de fácil impacto, en que la superpoblación puede impactar sobre ella (Arellano & Guzmán, 2011).

### ✓ **Parámetros biológicos de la calidad del agua**

Los biólogos a menudo utilizan la diversidad de especies como un parámetro cualitativo en ríos y lagos. Un cuerpo de agua con una gran cantidad de especies en proporción balanceada se puede considerar como un sistema saludable. Dada esta situación, ciertos organismos se pueden utilizar como indicadores de la presencia de algún contaminante (Glynn & Heinke, 1999).

### ✓ **Requerimientos de la calidad del agua**

Según Glynn y Heinke (1999), los requerimientos de la calidad del agua varían de acuerdo al uso en que se vaya a dar, por ejemplo para la agricultura, pesca, propagación de vida silvestre, usos recreativos o industriales específicos o generación de energía. Esto quiere decir que existen algunas características del agua adecuadas para un fin que pueden no serlo para otros, mencionando que es importante que no debemos confundir los requerimientos de la calidad del agua con los estándares de la calidad del agua, por lo tanto los requerimientos expresan las necesidades basadas en la experiencia de uso y los estándares son aquellas cantidades establecidas por las instituciones gubernamentales que regulan al respecto.

### **2.4.3.- CONTAMINACIÓN DEL AGUA**

La contaminación del agua se define *“como la presencia de sustancias u organismos extraños en un cuerpo de agua en tal cantidad y con tales características que impiden su utilización para un propósito determinado”* (Arellano & Guzmán, 2011).

La contaminación en un cuerpo de agua puede ser natural o antropogénica, que ya se definieron anteriormente sin embargo en este estudio se habla de dos grandes aspectos que contaminan el agua y sus tratamientos estos son **el tratamiento de aguas para su acondicionamiento al consumo humano**, ya que el agua tal y como se encuentra en la naturaleza no puede ser utilizada por el hombre, dado que puede contener sustancias que provoquen daños a la salud. El otro aspecto es **el de tratamiento para aguas residuales**, que se enfoca en disminuir la gran cantidad de contaminante del agua una vez que fue utilizada por el hombre para actividades agrícolas industriales o domésticas. Ambos tratamientos tienen los mismos principios pero el tratamiento de aguas residuales es más complejo debido a que la cantidad de contaminantes contenidos es más alta (Glynn & Heinke, 1999).

Arellano y Guzmán (2011) manifiestan que “*existen dos tipos de abastecimiento de agua: **Aguas subterráneas y Aguas Superficiales**. Las Aguas **Superficiales** son aquellas que se encuentran a la altura de la superficie de la tierra, como son los ríos, lagos y lagunas. Y las aguas **subterráneas** son las que se encuentran en el subsuelo por filtración como resultado del ciclo hidrológico como lo son los mantos freáticos*”.

## **2.5.- SUELO**

### **2.5.1.- GENERALIDADES**

El suelo y su uso es otro medio, el cual se ve afectado por la contaminación ambiental provocada naturalmente o por las actividades humanas por ello es necesario entender los principios básicos relacionados con la naturaleza del suelo con la finalidad de conocer el desplazamiento de los contaminantes en este entorno.

Según Arellano y Guzmán (2011), el término suelo se utiliza para referir la delgada capa de la corteza terrestre en la que habitan los seres vivos y que es afectada por los cambios climáticos y la descomposición de los organismos. Por ello en el suelo se han desarrollado bajo condiciones climáticas variadas una gran cantidad de material rocoso de diferentes orígenes.

*“Los diferentes tipos de suelo varían en su color, grosor, en el número de capas, en la cantidad de arcilla, sales y material orgánico que contienen”.* Estos factores de cualquier forma afectan a la movilidad de los contaminantes a través del suelo ya que se hacen suposiciones de que tan profundo llegue cierto contaminante en el suelo en base a las características del mismo y su composición como arcilla limo o arena. El suelo es esencial para la vida, las plantas toman su alimento de la través de la cadena alimenticia, todos los animales dependen de este. El suelo está formado por roca que, a lo largo de grandes periodos, se ha ido pulverizado por la acción del ambiente (Glynn & Heinke, 1999).

Arellano y Guzmán (2011), expresan que *“existen tres tipos de roca que conforman la corteza de la tierra: **la roca ígnea** que es el material de lava solidificado, **la roca sedimentaria** que es el resultado de la acción del clima sobre las rocas ya existentes y **la roca metamórfica** que originalmente fue roca sedimentaria o ígnea pero que fue modificada por la temperatura, presión, y fluidos químicos activos”.* Estas rocas conforman lo que se llama comúnmente subsuelo o tierra. *“La formación del suelo es un proceso continuo en el que interviene los organismos y las condiciones climáticas”.* Esto significa que en el planeta hay una gran cantidad de actividades naturales, físicas, químicas y biológicas que dan la forma al suelo y que también cambian sus características como por ejemplo el frío o calor en las variaciones climáticas más las propiedades de los organismos vivos que producen sustancias ácidas provocan expansión contracción y erosión del suelo.

Es decir el suelo no es más que pequeños pedazos de roca. Glynn y Heinke (1999), expresan que *“los científicos distinguen el suelo de otros materiales geológicos por sus cuatro componentes principales y estos son; partículas minerales (roca y arcilla), material orgánico, aire y agua”*.

### **2.5.2.- CALIDAD DEL SUELO**

Doran y Coleman (1994) definen que la calidad del suelo *“es la capacidad específica que tiene un suelo para funcionar en un ecosistema natural o antrópico, para sostener o mejorar la productividad de las plantas y animales, controlar la polución del agua y del aire, favorecer la salud y la habitación del hombre”*. Se enfocan en forma integral en los efectos que pueden tener sobre el suelo los diferentes usos y las actividades tecnológicas como: erosión, salinización, acidificación, pérdida de materia orgánica, contaminación química.

Calidad entonces *“es la capacidad de producir sin resultar degradado o sin perjudicar al ambiente”*. La salud de un suelo se determina por la evaluación a través del tiempo de su calidad. Los indicadores de calidad y salud del suelo son todas las propiedades positivas y negativas determinantes de la función y utilización del suelo, en arreglo a la productividad y a la calidad ambiental. Estos indicadores se seleccionan según el uso de la tierra como agrícola, ganadera, forestal, urbanos y entre ellos se encuentran: la acidez, salinidad, actividad microbiana, erosión, contenido de humedad, infiltración. Es decir son todos los atributos que posee un suelo determinado y que no pueden verse o medirse directamente; pero se puede *“inferir su calidad en función de las características de la masa arbórea que sustentan; la fertilidad, la productividad y la erosionabilidad, son factores de la calidad de suelo”* (Doran & Coleman, 1994).

### 2.5.3.- CONTAMINACIÓN DEL SUELO

Transcendentalmente el suelo ha sido utilizado para depositar los residuos, incluyendo aquellos removidos de la tierra y aire. Los aspectos de contaminación del suelo amenazan no solo a los usos futuros del suelo, sino a la calidad de aire circundante, al agua superficial y el agua subterránea. *“Los contaminantes en la superficie de la tierra se transportan hacia el aire, como las bacterias o virus se propagan en los tiraderos a cielo abierto”*. De estos fenómenos se puede mencionar tales como la lixiviación, la aplicación directa de plaguicidas o fertilizantes en la tierra, y al almacenamiento, manejo o disposición inadecuada de sustancias tóxicas (Glynn & Heinke, 1999).

En cuanto a fuentes industriales pueden poner en peligro la salud humana y el ambiente, fenómenos tales como la filtración provocada por el derrame de sustancias químicas hasta el nivel freático y el mismo suelo, la mala disposición de aceite usados de motor esto debido a la relación existente entre la tierra el agua atmosférica en forma de lluvia y el agua subterránea dentro del ciclo hidrológico. Según Arellano y Guzmán (2011) expresan que *“los residuos domésticos depositados de forma inadecuada causan problemas de contaminación causando proliferación de fauna nociva como ratas, cucarachas, moscas, entre otros”*.

Los residuos orgánicos de la basura en descomposición como el papel generan gas metano y este tiende a subir a la atmósfera, pero la fuente principal de contaminación del suelo es la disposición de los residuos municipales, la disposición ilegal de residuos peligrosos, sitios abandonados con residuos peligrosos o tanques subterráneos debido a la corrosión que existe en la composición de los materiales metálicos de deposición ya sea por reactividad, o inflamabilidad (Glynn & Heinke, 1999).

En la Tabla 2, se muestran los productos de uso común y los residuos peligrosos que se generan en el suelo, representando más riesgo.

**Tabla 2.** Productos de uso común y los residuos peligrosos que se generan en el suelo.

<b>PRODUCTO</b>	<b>RESIDUO PELIGROSO GENERADO</b>
Plásticos	Compuestos orgánico-clorados, solventes orgánicos.
Plaguicidas	Compuestos orgánico-clorados, y organo-fosforados.
Medicinas	Solventes orgánicos, metales pesados (zinc y mercurio)
Pinturas	Metales pesados, pigmentos, solventes, residuos orgánicos
Productos derivados del petróleo	Aceites, fenoles, metales pesados, amoníaco, sales ácidas y cáusticas.
Metales	Metales pesados, fluoruros, cianuros, solventes, pigmentos, abrasivos, sales de plata, aceites, fenoles
Artículos de cuero o piel natural	Metales pesados, solventes orgánicos

(Arellano & Guzmán, 2011).

## **2.6.- AIRE**

### **2.6.1.- GENERALIDADES**

Al igual que en los demás medios la contaminación en el aire ha perdurado desde hace muchos años y a veces la población confunde este tipo de contaminación con el desarrollo industrial.

Según Arellano y Guzmán (2011) *“los primeros contaminantes que se depositaban en la atmósfera se depositaban en la atmósfera eran de origen*



*natural como es el caso del humo, la ceniza y gases provenientes de volcanes e incendios forestales; polvo y arena de tormentas en las regiones áridas; niebla y humedad en áreas selváticas”.*

En el contexto histórico es importante mencionar un término que se acuñó hace muchos años y que en la actualidad es muy común para las personas que habitan en las ciudades se trata sobre el término smog. Glynn y Heinke (1999) expresan que *“la palabra **smog** sirve para definir un tipo de contaminación asociado con los asentamientos de niebla y el humo emitido por las industrias. Es una mezcla de las dos palabras inglesas que significan **humo** y **niebla** respectivamente: **smoke** y **fog**”.* En la actualidad el término smog se aplica también para definir también la contaminación del aire ocasionada por las **reacciones fotoquímicas** de algunos contaminantes que forman el ozono. *“El prefijo **foto** significa luz, por lo tanto este tipo de reacciones desmanda energía en forma de luz solar para poder llevarse a cabo”.*

## **2.6.2.- CALIDAD DEL AIRE**

El término calidad del aire se utiliza para describir funciones requeridas para el control de la calidad en la atmósfera, a través de elementos esenciales dentro de un plan o programa que regularice y controle a través de estrategias de las autoridades competentes para implementar un inventario de emisiones, una red de vigilancia, y un sistema de manejo de la información para el análisis y cumplimiento de esas estrategias de monitoreo (Glynn & Heinke, 1999).

## **2.6.3.- CONTAMINACIÓN DEL AIRE**

La presencia y acumulación de contaminantes en la atmósfera en grandes cantidades de volumen como el polvo, el humo, vapores, gases, niebla, entre otros. Pueden causar gran daño en la salud humana y en medio ambiente.

Según Arellano y Guzmán (2011) *“los efectos negativos a los bienes humanos incluyen los impactos económicos por daños en las cosechas y a la propiedad como edificios u obras artísticas, la contaminación del aire en la actualidad es uno de los mayores riesgos. La lista de problemas a la salud que ocasiona y agrava es muy amplia problemas pulmonares como bronquitis química, enfisema pulmonar, cáncer pulmonar, problemas neurológicos que incluyen daños al cerebro; asma bronquial y gripe, que son muy comunes y persistentes en los lugares donde el grado de contaminación es muy alta”*. Así también causa irritación en ojos nariz y garganta. En cuanto a la vegetación y cultivos se dañan por la emisión de vapores ácidos generados en las industrias que se incorporan en el ciclo hidrológico formando la lluvia ácida afectando también a lagos y lagunas aumentando el nivel de acidez en ellas volviéndolas incapaces de sostener cualquier forma de vida.

Las actividades humanas presentemente son las responsables de los problemas de contaminación volviendo a la atmósfera adversa para la vida. Glynn y Heinke (1999) manifiestan que *“los agujeros negros que se han formado en la capa de ozono y que cubre la Antártida, es ocasionada por el abuso en la utilización de los compuestos clorofluorocarbonados de los refrigerantes y aerosoles, así también como los proceso industriales, el desplazamiento vehicular y la generación de energía por combustión de hidrocarburos generan diferente problemas en la contaminación del aire”*.

#### ✓ **Unidades de medida de los contaminantes**

Según la Environmental Protection Agency (2013), recomienda la utilización de las siguientes unidades para los contaminantes del aire: *“la caída o lluvia de partículas deben expresarse en miligramos por centímetro cuadrado por intervalo de tiempo ( $\text{mg}/\text{cm}^2\text{seg}$ ); para partículas suspendidas o contaminantes gaseosos, la concentración se expresa en unidades de masa por unidades de*

volumen como microgramos por centímetro cúbico ( $\mu\text{g}/\text{cm}^3$ ), pero la unidad que se utiliza con mayor frecuencia es las partes por millo (ppm)".

### ✓ Fuentes de los Contaminantes

El aire "contiene de manera natural muchas sustancias como el polen, esporas, sales dispersas, humo y partículas de polvo de los incendios forestales y las erupciones volcánicas, de la misma manera contiene monóxido de carbono por la transformación del metano; hidrocarburos, hidrógeno y ácido sulfhídrico" (Glynn & Heinke, 1999).

### ✓ Clasificación de los contaminantes

Según Arellano y Guzmán (2011) los contaminantes, "pueden ser clasificados de acuerdo a su origen, su composición química o estado de agregación molecular". A continuación se menciona las clasificaciones con el fin de establecer los parámetros para medir la contaminación en el aire.

#### a) Por su origen

"Se clasifican en contaminantes **primarios y secundarios**; los contaminantes primarios son los óxidos de azufre ( $\text{SO}_x$ ), óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ) e hidrocarburos (HC), estos son todos aquellos que son emitidos directamente a la atmósfera. Los contaminantes secundarios son producto de los primarios como el ozono ( $\text{O}_3$ ) y estos se forman en la atmósfera por reacciones fotoquímicas o por hidrólisis u oxidación". También se pueden clasificar por su origen en "**antropogénicos, geogénicos y biogénicos**, los antropogénicos son aquellos generados por el hombre como la contaminación emitida por los gases de las industrias, los geogénicos se originan por fenómenos en el subsuelo como por ejemplo los gases emitidos por los volcanes, y los biogénicos son los que tienen origen en organismos vivos como la materia fecal en polvo"

## **b) Por su composición química**

En este apartado los contaminantes se clasifican en **orgánicos e inorgánicos** ya sean contaminantes primarios o secundarios, *“los contaminantes orgánicos son los que contienen elementos como el carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, azufre y fósforo”*. Así como derivados tales como hidrocarburos, aldehídos, cetonas, etcétera. Y los *“compuestos inorgánicos son los óxidos de carbono (COx), los óxidos de azufre (SOx), óxidos de nitrógeno (NOx) y otros compuestos que contengan halógenos como los fluoruros y cloruros de hidrógeno”*.

## **c) Por su estado de agregación molecular**

En esta categoría hay dos tipos y son: **partículas y gases**, *“las partículas pueden ser sólidas o líquidas tales como el polvo, humo, neblina, ceniza. Y los contaminantes gaseosos son los que en condiciones normales de presión y temperatura no son ni sólidos ni líquidos como los óxidos de carbono, nitrógeno y azufre”*. Así también como los hidrocarburos.

### **2.6.3.1.- Generalidades sobre ruido**

Para hablar sobre esta problemática ambiental se debe partir de lo expresado por Arellano y Guzmán (2011), donde *“el **sonido** se define como cualquier variación de presión en el aire que pueda detectar el oído humano, y como el ruido es una variante del sonido, este se incluye como un medio de propagación en el aire así de esta manera el **ruido** es todo sonido indeseable que moleste o perjudique a los seres humanos o especies animales sensibles”*.

El ruido tiene origen en actividades industriales, comerciales, medios de transporte como automóviles, barcos, aviones, lanchas de motores, ferrocarriles, máquinas de vapor, entre otros. Es un gran problema donde existe gran conglomeración urbana y como todos los contaminantes disminuye la calidad de vida de las personas que lo padecen generando problemas a la salud como trastornos psicológicos, aumento en la presión sanguínea y disminución de la capacidad auditiva. Así también *“tiene impactos ecológicos adversos afectando a algunos animales sensibles al ruido o que se basan en sistemas de orientación o comunicación en los sonidos”*. Según Arellano y Guzmán (2011) el ruido *“se emite desde **fuentes fijas** y **fuentes móviles**. Las fijas son aquellas donde el ruido generado proviene de una fuente estacionaria y esta es puntual como el ruido de un ventilador y espacial como el de una discoteca. Las móviles provienen de una fuente en movimiento como los vehículos y medios de transporte”*. El mecanismo auditivo responde en forma absoluta, no en forma relativa a los cambios de presión en el aire que produce el sonido, es decir para poderlo medir se emplea una escala logarítmica que emplea como unidad el decibel. Este **decibel** se define como *“la décima parte del índice conocido como bel, que se emplea en la cuantificación de la diferencia de los logaritmos decimales de dos cantidades de presiones”*, que se pueden observar en la Ecuación 1, y equivale a.

$$P \text{ existente} \\ dB = 20 \log \frac{P}{P_0} \quad [1]$$

Donde:

*P*: potencia existente de referencia (mín. audible)  
*dB*: decibel

## **2.7.- MATERIALES PÉTREOS**

### **2.7.1.- GENERALIDADES**

Se manifiesta en la Real Academia Española (2013), que “*todo material pétreo viene del latín **Petreus**, que es aquel material proveniente de la roca, piedra o peñasco, regularmente se encuentran en forma de bloques, o fragmentos de distintos tamaños, esto principalmente en la naturaleza, aunque de igual modo existen otros que son procesados por el hombre*”.

### **2.7.2.- CLASIFICACIÓN EN GENERAL**

Anderson y García (2011), manifiestan que dentro de la clasificación de los materiales pétreos se pueden encontrar tres tipos frecuentes y estos son pétreos naturales, pétreos artificiales, y pétreos industriales.

#### **2.7.2.1.- Materiales pétreos naturales**

Estos son aquellos materiales localizados en yacimientos naturales, para utilizarlos sólo es necesario que sean seleccionados, refinados y clasificados por tamaños. Comúnmente se hallan en yacimientos, canteras y/o graveras.

#### **2.7.2.2.- Materiales pétreos artificiales**

Se encuentran generalmente en macizos rocosos, para obtenerlos se emplean procedimientos de voladura con explosivos, posteriormente se limpian, machacan y se clasifican, para su empeño (Anderson & García, 2011).

### **2.7.2.3.- Materiales pétreos industriales**

Son aquellos que han pasado por diferentes procesos de fabricación, tal como productos de desecho, materiales calcinados, procedentes de demoliciones o algunos que ya han sido manufacturados y mejorados por el hombre (Anderson & García, 2011).

### **2.7.3.- PROPIEDADES EN GENERAL**

Cuando los pétreos se encuentran secos “*suelen ser buenos aislantes térmicos y eléctricos*”, además de esto tienen una densidad muy alta más que la del agua, y suelen ser porosos, así como opacos, ya que no dejan que la luz pase a través de ellos (Gómez, 2013).

### **2.7.4.- USOS Y APLICACIONES**

Entre los ejemplos de uso de estos materiales que propone Gómez (2013), son; el yeso, que mezclado con agua se puede utilizar en la construcción de bóvedas, tabiques, placas y moldes; así mismo el cemento y hormigón. Sin embargo, se emplean principalmente en el área de ingeniería civil o arquitectura, ya que se usan para fabricación de estructuras, columnas, elementos decorativos, etcétera. También se emplean en la elaboración de carreteras, vías férreas, esculturas, recubrimiento de suelos y paredes. Así pues, este tipo de materiales se han vuelto importantes en la industria ya que se utilizan en todo tipo de proyectos, desde lo más sencillo como elaborar firmes de carretera, revestimientos de pavimentos, hasta algo más complejo como pueden ser edificios de grandes proporciones. “*Algunos tipos de materiales pétreos son: el mármol, el granito, la pizarra, el vidrio, el yeso, el cemento, el hormigón; que entre una gran gama de materiales que se pueden procesar y crear*”.

## **2.7.5.- OBTENCIÓN**

Según Gómez (2013), los materiales pétreos se obtienen a partir de las rocas. Estas rocas “*se encuentran como bloques, losetas, gránulos y fragmentos de distinto tamaño. Se utilizan para construcciones arquitectónicas o de obra civil, ornamentación, etc.*” En cuanto al proceso de extracción y transformación para obtener dichos insumos se especifican a continuación.

### **2.7.5.1.- Proceso en general**

Anderson y García (2011), declaran que “*algunos de los materiales pétreos se utilizan sin apenas transformación*”. Es decir el proceso de obtención se resume en los pasos siguientes de manera progresiva, que en muchos casos se realizan en la misma cantera o in situ, y estos son:

- a) Extracción, donde Las rocas se arrancan de la corteza terrestre en la cantera, con máquinas o explosiones controladas;
- b) Trituración, aquí se consiguen trozos homogéneos;
- c) Cortado, en que los bloques demasiado grandes se cortan para darles el tamaño adecuado;
- d) Desbaste, aquí las rocas se pulen;
- e) Acabado, donde se eliminan irregularidades que hayan podido quedar;
- f) Almacenamiento, se guardan las rocas; y,
- g) Transporte, cuando las rocas se llevan hasta la fábrica transformadora.

De esta manera se puede apreciar en la Figura 1, los procesos en general para la extracción y explotación de material pétreo:





**Figura 1.** Procesos en general para la extracción y explotación de material pétreo

(Concrescol S.A., 2011)

## **2.8.- IMPACTO AMBIENTAL POR EXTRACCIÓN DE MATERIAL PÉTREO**

La actividad minera, como la mayor parte de las actividades que el hombre realiza para su subsistencia, crea alteraciones en el medio natural, desde las más imperceptibles hasta las que representan claros impactos sobre el medio en que estas se desarrollan.

Esto conlleva a definir el concepto de impacto ambiental de la actividad extractora de material pétreo; que según Gómez Orea (1999), es *“la diferencia existente en el medio natural entre el momento en que la actividad comienza, el momento en que la actividad se desarrolla, y, sobre todo, el momento en que cesa”*. Todas estas cuestiones, que hace algunos años no se percibían como un factor de riesgo para el futuro de la humanidad, hoy se contemplan con gran preocupación, que no siempre está justificada, pues el hombre viene alterando

el medio desde que ha sido capaz de ello, pero ciertamente los abusos cometidos en este campo han hecho que crezca la conciencia de la necesidad de regular estos impactos. De cualquier manera, también debe quedar claro que el hombre necesita los recursos mineros hoy, y los necesitará en el futuro. Otro punto a destacar es que *“la actividad minera es infinitamente menos impactante que otras actividades industriales, como el desarrollo de obras civiles impacto visual, modificación del medio original y la agricultura. Con el uso masivo de productos químicos como los pesticidas, y fertilizantes”*.

### **2.8.1.- CLASIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES POR EXTRACCIÓN DE MATERIAL PÉTREO**

El impacto que produce la actividad minera en específico la explotación de material pétreo desde el punto de vista ambiental que manifiesta Gómez Orea (1999), se puede clasificar de diversas formas y son:

- a) Según sea un impacto directo, o indirecto sobre el medio;
- b) Según sea a corto o a largo plazo;
- c) Según sea reversible o irreversible (a escala humana);
- d) Según sea local o externo;
- e) Evitable o inevitable.

Por otra parte, en función de los aspectos del medio que lo modifican, pueden ser:

- a) Acciones que modifican el uso del suelo;
- b) Acciones que implican la emisión de contaminantes (sólidos, líquidos, gases y otros como: ruidos, onda aérea);
- c) Acciones que implican sobreexplotación de recursos (agua);
- d) Acciones que implican la modificación del paisaje (casi todos);

- e) Acciones que repercuten en las infraestructuras;
- f) Acciones que modifican el entorno social, económico y cultural “*impacto socioeconómico*” (Gómez Orea, 1999).

### **2.8.2.- EL IMPACTO AMBIENTAL, Y LA EVALUACIÓN**

El impacto ambiental de una actividad minera “*es la diferencia entre la situación del medio ambiente antes de llevar a cabo la actividad, y durante o tras la actividad minera. La evaluación de este impacto es la cuantificación de estas diferencias, mediante la realización de un estudio multidisciplinario que pretenderá identificar, predecir y prevenir las consecuencias o efectos sobre el medio ambiente de la actividad extractora de material pétreo*”. La cuestión interesante que propone Gómez Orea (1999), es que “*el estudio de impacto se puede considerar como una comparación entre la situación real de la zona estudiada, y la situación teórica de esta zona si no estuviera afectada por la actuación minera*”. Y los objetivos del estudio de impacto ambiental serían:

- a) Evitar posibles errores y deterioros ambientales originados durante el proceso extractivo, cuya corrección posterior podría tener un alto coste, es decir costos transferibles a las empresas como a la sociedad.
- b) Disponer de datos que permitan introducir en las decisiones empresariales los efectos de los proyectos de desarrollo en el medio natural y social, siempre difíciles de cuantificar y evaluar.
- c) Presentar una información integrada sobre los impactos de la actividad.
- d) Integrar a los diversos organismos públicos y privados que tienen algún grado de responsabilidad sobre las decisiones que afectan al medio ambiente.

En definitiva, el principal objetivo de este tipo de estudios que expresa Gómez Orea (1999), es el de indicar los elementos y características medioambientales susceptibles de ser afectados por la explotación de material pétreo, sobre los

que se establecerán las recomendaciones de acciones correctoras, temporales o permanentes, y la definición de los criterios generales y específicos de restauración y recuperación de terrenos o de otros usos alternativos de rehabilitación.

Para la determinación práctica de este impacto ambiental se elaboran una serie de matrices de impacto, que constituyen la herramienta básica del estudio, pues *“recogen toda la información referida a las distintas posibilidades de afectación al medio y su grado estimado”*. En él se recoge con mayor detalle la metodología a seguir en este tipo de estudios. Siempre es de gran interés delimitar, dentro del ámbito general de la extracción y explotación de material pétreo, las distintas acciones que producen el impacto tales como revela Gómez Orea (1999), las *“acciones impactantes como: excavaciones, voladuras, emisión de gases y efluentes líquidos, creación de vías de transporte, etc.”*. Así como establecer sobre qué aspectos concretos del medio se produce cada impacto *“factores impactados como: vegetación, fauna, paisaje”*.

### **2.8.3.- EFECTOS AMBIENTALES**

Gómez Orea (1999), manifiesta que entre los efectos ambientales más considerados por la actividad minera están:

- a) La devastación de la superficie del suelo en grandes dimensiones;
- b) La alteración de la morfología de suelo;
- c) El peligro ocasionado por derrumbes y taludes;
- d) El ruido y las vibraciones operativas (contaminación acústica);
- e) El polvo originado por la disgregación de las rocas, estas compuestas por minerales oxidables o metales pesados es dispersado por las explosiones. Las partículas de materiales son arrastradas por el viento durante los procesos de transporte o a través de las redes fluviales subterráneas provocando la

destrucción y alteración de la vegetación en el área, así como de las superficies de cultivo y plantaciones;

f) Los gases de combustión provocados por las emisiones de escape de vehículos y motores o la liberación de gases tóxicos generados durante el proceso de lixiviación;

g) Las partículas arrastradas por el viento o el polvo en suspensión, estas contaminan las aguas en la superficie, mientras que los residuos y cenizas deterioran la calidad de las aguas profundas;

h) La reducción del nivel freático en el entorno de la cantera, está en forma incontrolada *“implica la desecación de pozos en los alrededores y el hundimiento del terreno, cuando es restablecido puede producirse empantanamiento”*;

i) Los suelos circundantes suelen quedar erosionados, estériles y desecados.

j) Los animales silvestres frecuentemente *“mueren al entrar en contacto con los estanques de cianuro”*, tras la destrucción de su hábitat no logran subsistir y se ven desplazados, también hay *“mortandad de los peces que habitan ríos y lagos por los efectos que tiene esta sustancia sobre sus branquias”*;

k) La presencia de la cantera puede *“destruir áreas de potencial turístico, bienes culturales, sitios religiosos e históricos de las comunidades aledañas”*. Afectaciones a su salud por las enfermedades respiratorias y del sistema nervioso, así como los daños a sus viviendas y al medio ambiente. Además que los derrames y las filtraciones con aguas residuales ocasionalmente llegan a arroyos y pozos que albergan agua para consumo de las comunidades, de los animales domésticos y silvestres;

l) *“La posible modificación del microclima”*, es decir, cambios en el conjunto de condiciones climáticas dentro del área de influencia;

m) La formación del *“drenaje ácido de mina (DAM) que consiste en aguas de gran acidez, ricas en sulfatos con metales pesados y desechos de cianuro”*; y

n) En casos especiales *“contaminación radiactiva”*.

## 2.9.- MARCO LEGAL

El presente estudio, se insertó en el marco legal ambiental vigente, tomando en cuenta los tres siguientes ámbitos: ► el Internacional, Regional y Continental.; ► el Nacional.; ► y el Local. Es decir se recogió un conjunto de disposiciones legales y administrativas vigentes concernientes al ámbito ambiental aplicable al sector minero desde la perspectiva de: Convenios y Tratados internacionales, en el Estado Ecuatoriano, en: la Constitución de la República, en la Agencia de Regulación y Control Minero (ARCOM), en el Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) y en las Ordenanzas Municipales de los Cantones Rumiñahui y Quito.

La investigación que llevó por tema “**la contaminación ambiental por extracción de material pétreo en el Barrio de Cashapamba**”, se fundamentó jurídicamente en la siguiente normativa expuesta en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Marco Legal

ÁMBITO	ACUERDO, CONVENIO, LEY, o REGLAMENTO	DESCRIPCIÓN/ RELEVANCIA
<b>Internacional, Regional, y Continental.</b>	Convenio sobre la Diversidad Biológica	Recursos genéticos, especies y ecosistemas, conservación de la diversidad biológica.
	Protocolo de Kioto	Reducir las emisiones de los gases de efecto invernadero (GEI).
	Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro	2 500 recomendaciones en temas de salud, vivienda, gestión ambiental y recursos, y la contaminación.
	Cumbre de la Tierra de Johannesburgo	Protección ambiental compatible con el crecimiento económico.
	Marco de Acción de Hyogo 2005-2015	Prevención y evaluación de riesgos, y aumentar la resiliencia de naciones y comunidades ante desastres.
	Informe de Brundtland	Postura de desarrollo económico actual junto con el de sostenibilidad ambiental.

ÁMBITO	ACUERDO, CONVENIO, LEY, o REGLAMENTO	DESCRIPCIÓN/ RELEVANCIA
	Convención Ramsar	Humedales especialmente en Hábitats de Aves Acuáticas, conservación y uso racional.
	Protocolo de Montreal	A sustancias que agotan el ozono, clorofluorocarbonos "CFC".
	Convenio de Viena	Protección de la capa de ozono
	Convención de Basilea	Control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos.
	Convenio de Estocolmo	Sobre los contaminantes orgánicos persistentes (COPs), insecticidas.
	Convenio de Rotterdam	Protección de la población y el ambiente ante el comercio de plaguicidas y productos químicos altamente peligrosos.
	Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)	Para fomentar y apoyar la cooperación en el tema ambiental, sin comprometer generaciones futuras.
	Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)	Contribución de herramientas de comercio para un desarrollo sustentable en los países de la región.
	Tratado de Cooperación Amazónica (OTCA)	Trata sobre la preservación del patrimonio natural de la Amazonia a través de los principios de desarrollo sustentable.
<b>Nacional.</b>	Constitución de la República	Derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, (SUMAK-KAWSAY). (Art. 14).
	Ley Orgánica de la Salud	Regula, planifica, ejecuta, vigila e informa a la población sobre actividades de salud concernientes a la calidad del agua, aire y suelo; y, promocionar espacios y ambientes saludables, en coordinación con los organismos seccionales y otros competentes (Art. 15).
	Ley de Gestión Ambiental	La Autoridad Ambiental Nacional será ejercida por el Ministerio del ramo, la cual actuará como instancia rectora, coordinadora y reguladora del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental (Art. 8).

ÁMBITO	ACUERDO, CONVENIO, LEY, o REGLAMENTO	DESCRIPCIÓN/ RELEVANCIA
	Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental	Protección del suelo, agua y aire, y la conservación y mejoramiento del ambiente, y queda prohibido contaminar estos medios sin ajustarse a las normas técnicas y límites permisibles correspondientes (Artículos 1, 6, y 10).
	Ley de Minería	Los titulares de derechos mineros que, previa autorización de la autoridad única del agua, utilicen aguas para sus trabajos y procesos, deben devolverlas al cauce original del río o a la cuenca del lago o laguna de donde fueron tomadas, libres de contaminación o cumpliendo los límites permisibles establecidos en la normativa ambiental y del agua vigentes (Art. 79). Y sobre el libre aprovechamiento para obras públicas del Estado (Art. 144).
	Reglamento Ambiental para Actividades Mineras en la República del Ecuador	Trata sobre las obligaciones ambientales que deben presentar las concesiones mineras al MAE, y su respectivo cumplimiento, con una garantía bancaria anual
	Reglamento de Seguridad Minera	Se basa en toda la seguridad y salud ocupacional del Trabajo, y donde la ARCOM, es la única entidad encargada de supervisar la aplicación y de coordinar acciones.
	Reglamento General a la Ley de Minería	Se crea el INIGEMM para en conjunto con la ARCOM, asesorar, controlar, y supervisar cualquier actividad minera.
	Reglamento Especial para materiales áridos y pétreos	Tiene la finalidad de que las autoridades competentes regulen el uso de estos materiales, desde la obtención, proceso y uso final
	Reglamento de Aplicación de Los Mecanismos de Participación Social establecidos en la Ley de Gestión Ambiental	Tiene por objeto el conocimiento, la integración y la iniciativa de la ciudadanía para fortalecer la aplicación de un proceso de evaluación de impacto ambiental y disminuir sus márgenes de riesgo e impacto ambiental (Art. 6).
	Ley Orgánica Reformatoria a la Ley de Minería, para la Equidad Tributaria en el	Se fundamenta en la adquisición de mayor regalías e impuestos en los insumos del procesamiento del



ÁMBITO	ACUERDO, CONVENIO, LEY, o REGLAMENTO	DESCRIPCIÓN/ RELEVANCIA
	Ecuador y del Régimen Tributario interno Ley	mineral, y la prohibición de mercurio debido a sus afectaciones.
	Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA)	En base al Libro VI de la calidad ambiental toda concesión minera, deberá presentar un Estudio de Impacto Ambiental, que incluirá un plan de manejo ambiental, de acuerdo a lo establecido en el Sistema Único de Manejo Ambiental (SUMA)
<b>Local.</b>	Ordenanza de Gestión Ambiental del Cantón Rumiñahui	Es la herramienta gubernamental, donde la municipalidad del Cantón Rumiñahui, a través de la Dirección de Protección Ambiental, aplica sus políticas de gestión ambiental en el territorio de su jurisdicción. Basándose en principios universales que son: el de prevención.; de la demostración del cumplimiento.; del costo - efectividad.; de la ecoeficiencia.; quien contamina paga.; de precaución.; de reducción en la fuente.; responsabilidad integral.; y de gradualidad.
	Ordenanza Metropolitana 0082	Referente al TÍTULO VII, de la explotación de los materiales de construcción, trata sobre los requisitos y obligaciones, previo a la autorización de la explotación en canteras en la jurisdicción del Distrito Metropolitano de Quito para facultar, controlar, y racionalizar la actividad minera.

## 2.10.- MARCO CONTEXTUAL

### 2.10.1.- SISTEMA AMBIENTAL DEL CANTÓN RUMIÑAHUI

Según la Sociedad de Gestión Ambiental del Gobierno Vasco de España Ihobe (2008), expresa que el sistema ambiental es *“un sistema organizado de gestión e integrado con la actividad de gestión general de la organización, en los que se incluyen todos los aspectos que tienen repercusión en el medio ambiente”*.

Partiendo de ese concepto se presenta los resultados del sistema ambiental que posee actualmente el GADMUR y son: las acciones ambientales de la Municipalidad local con el Barrio Cashapamba, problemas ambientales del Cantón, los servicios básicos, autoridad ambiental de aplicación responsable, indicadores de gestión ambiental, y unidades ambientales. Todos se detallan a continuación.

#### **2.10.1.1.- Acciones ambientales del GADMUR para el Barrio Cashapamba**

Las dos labores de carácter ambiental que se han realizado por parte del GADMUR para el Barrio Cashapamba son: El **primero**, es que a través de la Dirección de Protección Ambiental a partir del 2011, se ha venido monitoreando el tramo del río Pita (ex Botadero Cashapamba) con el laboratorio OSP de la Universidad Central del Ecuador; y el **segundo** labor, es que se ha gestionado y destinado con la fundación educativa liceo del valle, lugar de albergue en caso de explosión en alerta roja del volcán Cotopaxi, ya que el Barrio es zona de riesgo volcánico (PD y OT RUMIÑAHUI 2012-2025, 2012).

#### **2.10.1.2.- Problemas ambientales del Cantón Rumiñahui**

Los problemas ambientales generales que se presentan dentro de la Jurisdicción del Cantón Rumiñahui son: **a)** Contaminación del aire por emisiones de gases y ruido por las industrias, vehículos y buses en los sectores del Triángulo, parque Turismo, y monumento El Choclo.; **b)** La basura no se clasifica en los domicilios, las industrias, centros de atención médica. Además se arrojan desechos en los ríos, y los eco-tachos impiden la circulación de peatones.; **c)** Contaminación de ríos por aguas residuales domésticas e industriales.; **d)** En la zona de riesgo se ha incrementado la construcción de bares y discotecas, poco conocimiento sobre el volcán Cotopaxi.; **e)** Deterioro de la flora y fauna, debido a la expansión territorial.; **f)** Desconocimiento de

leyes y normativas ambientales en la comunidad del cantón.; **g)** Escasa protección de fuentes hídricas, riberas de ríos y manejo de cuencas hidrográficas.; **h)** Carencia de vegetación protectora en zonas aledañas a las industrias, operan alrededor de 80 industrias en Rumiñahui.; y **i)** La zona rural no tienen compensaciones o estímulos por cuidar el ambiente (PD y OT RUMIÑAHUI 2012-2025, 2012).

#### **2.10.1.3.- Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable (AAAr)**

La autoridad ambiental que ejerce las políticas y mecanismos de control y protección ambiental sobre la jurisdicción de Rumiñahui nace a partir del 18 de noviembre del 2010 donde el Ministerio del Ambiente aprueba y confiere al GADMUR la acreditación y el derecho a utilizar el sello del Sistema Único de Manejo Ambiental, SUMA mediante resolución N° 478. Siendo, la Dirección de Protección Ambiental (DPA), la que realiza el seguimiento a las industrias y posee lo siguiente: en cuanto al estado de trámite, tienen 60 industrias para procesos de licenciamiento o estudios de impacto ambiental.

#### **2.10.1.4.- Indicadores de gestión ambiental**

*“Las condiciones actuales en las que se presenta el cantón en cuanto a agua y aire son realmente preocupantes por la cantidad de contaminantes depositados a los cuerpos de agua y hacia la atmósfera”.* Sin embargo los indicadores ambientales de que se ha hecho gestión con total transparencia en los resultados son: ● los informes físico-químicos del sector industrial, comercial y de servicios, sujetos al control de la Ordenanza de Gestión Ambiental (2010); ● del cumplimiento para la Licencia Ambiental.; y ● de la salud, educación ambiental, participación ciudadana y comunicación. Y se detallan a continuación (PD y OT RUMIÑAHUI 2012-2025, 2012).

✓ **Informes físico-químicos del sector industrial, comercial y de servicios, sujetos al control de la Ordenanza de Gestión Ambiental (2010)**

La Tabla 4, muestra los valores en porcentaje del auto monitoreo del sector industrial, comercial y de servicios de descargas líquidas que cumplen e incumplen la Ordenanza de Gestión Ambiental (2010), presentando un alto incumplimiento en la DBO5, y DQO con 55% es decir un nivel de no conformidad mayor para los dos parámetros; en nivel intermedio con respecto a sólidos suspendidos 33%; y aceites y grasas con 44% de incumplimiento presentan una no conformidad menor.; para compuestos fenólicos, sólidos sedimentables, sulfatos y tensoactivos tienen un cumplimiento del 89%, establecidos con una conformidad menor.; y finalmente para los parámetros hidrógeno potencial y temperatura presentan un 100% de cumplimiento, calificados con una conformidad mayor y satisfactoria para lo acatable en la Ordenanza de Gestión Ambiental (2010).

**Tabla 4.** Auto monitoreo por el sector industrial, comercial y de servicios de descargas líquidas que cumplen e incumplen la Ordenanza de Gestión Ambiental, 2010

PARAMETRO DE MEDICIÓN	CUMPLEN	INCUMPLEN
Sólidos suspendidos	67%	33%
Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO	45%	55%
Demanda Química de Oxígeno DQO	45%	55%
Aceites y grasas	56%	44%
Hidrógeno Potencial	100%	0%
Temperatura	100%	0%
Compuesto fenólicos, sólidos sedimentables, sulfatos y tensoactivos	89%	11%

(PD y OT RUMIÑAHUI 2012-2025, 2012).

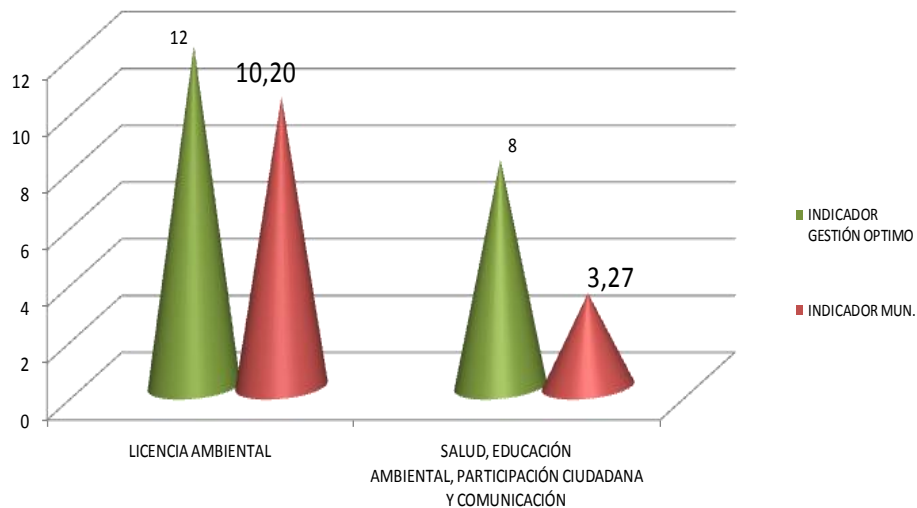
✓ **Del cumplimiento para la Licencia Ambiental**

Como dato relevante “*el 85% de las empresas cumplen con esta obligación, lo cual significa que la ejecución de proyectos establecidos efectuados en su mayoría con el principio de prevenir, mitigar y remediar los efectos indeseables que el proyecto autorizado pueda causar en el ambiente*” (PD y OT RUMIÑAHUI 2012-2025, 2012).

✓ **Del cumplimiento para la salud, educación ambiental, participación ciudadana y comunicación**

Dentro del Plan Estratégico Participativo 2002 -2022, en la Primera Asamblea de Desarrollo en donde los actores sociales fueron quienes diseñaron la visión del cantón, esta se resumió en cuatro ejes de desarrollo y son: económico, social, territorial ambiental e institucional. La salud, la educación ambiental, la participación ciudadana y comunicación son parte de cualquier proyecto de gestión en que se vea afectado el ambiente.

En la Figura 2, se observa los indicadores de gestión ambiental para el cumplimiento de la Licencia Ambiental; y de la salud, educación ambiental, participación ciudadana y comunicación. La Figura 2, expresa que dentro de los indicadores de gestión ambiental, el óptimo es 12 equivalente al 100% de las empresas categorizadas, mientras que para el indicador Municipal respecto al cumplimiento se registra el 10,20., equivalente al 85% del atacamiento a este indicador. Mientras que para la salud, educación ambiental, participación comunitaria y comunicación el valor de 8., corresponde al 100% de cumplimiento sobre la sociedad de Rumiñahui en un nivel óptimo, mientras que el registrado por la Municipalidad es de 3,27 en base a todos los proyectos de socialización ejecutados en la que se ve obligado la intervención social con el acceso a un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, equivalente al 40.9%.

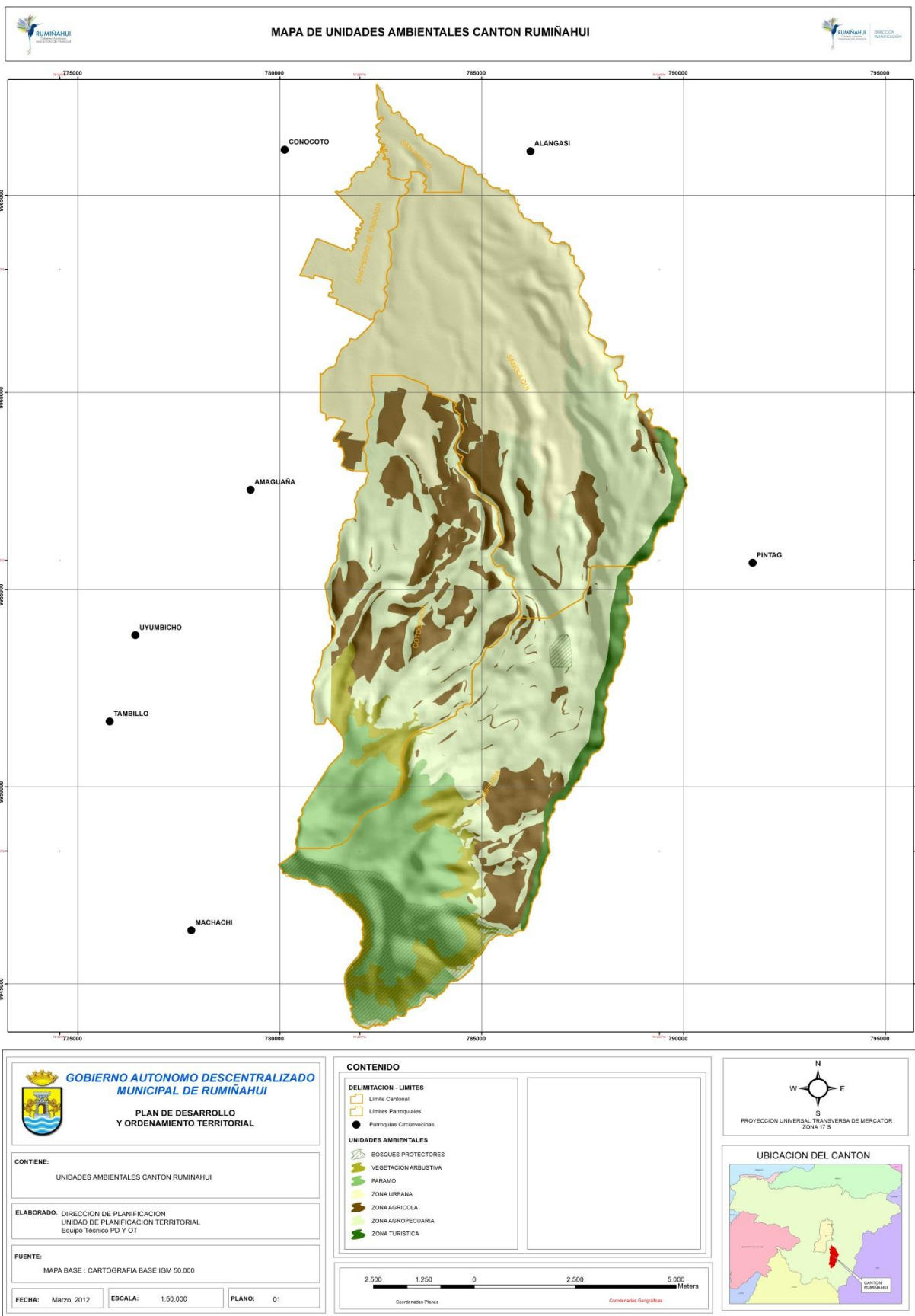


**Figura 2.** Indicadores de gestión ambiental (PD y OT RUMIÑAHUI 2012-2025, 2012).

#### 2.10.1.5.- Unidades ambientales

Según manifiesta el Gobierno de Navarra, España (2011), las unidades ambientales “*definen las zonas homogéneas de ecosistemas naturales e identifican las posibilidades y problemas para el desarrollo*”. Es decir cada unidad integra enfoques estructurales y funcionales relacionados con el patrimonio natural, el medio ecológico, procesos hidrológicos, aspectos paisajísticos, entre otras. Las unidades ambientales identificadas en el Cantón Rumiñahui predominantes son: ● la urbana.; ● vegetación arbustiva.; ● agrícola y pecuaria.; ● bosques protectores.; y ● zona turística. En la Figura 3, se puede apreciar el mapa de unidades ambientales que prevalece en el Cantón.

En la Figura 3, el mapa de Unidades Ambientales del Cantón Rumiñahui presenta una clara distribución en su mayoría de la zona urbana y agropecuaria, en segundo lugar tenemos la zona agrícola, en tercero al páramo, luego se pronuncia la zona turística, y en menor proporción se presenta la vegetación arbustiva y los bosques protectores.



**Figura 3.** Mapa de Unidades Ambientales Cantón Rumiñahui (PD y OT RUMIÑAHUI 2012-2025, 2012).

### **3.- Metodología**



## **3.- METODOLOGÍA**

### **3.1.- ENFOQUE**

La sistemática de la presente investigación se desarrolló dentro del modelo crítico-positivo, porque diagnosticó y analizó el estado actual del problema ambiental, es cualitativa porque describió los aspectos naturales, industriales, y socioeconómicos en función de los factores ambientales bióticos y abióticos como agua, suelo, aire, y ruido ambiente.

Fue también una investigación cuantitativa porque empleó métodos para medir los resultados obtenidos del análisis de todos los parámetros físicos, químicos, micro y macro biológicos de los componentes ambientales de este estudio. Así como el estado actual que representa el centro poblado frente a la actividad de extracción de material pétreo, con el fin de establecer estrategias que promuevan a través de la creación de una Ordenanza Municipal la preservación, mitigación y cuidado del ecosistema en el Barrio de Cashapamba frente a esta problemática ambiental.

### **3.2.- MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN**

Para el desarrollo de este estudio se emplearon tres modalidades: bibliográfica, de campo e intervención social.

#### **3.2.1.- BIBLIOGRÁFICA**

A través de fuentes primarias y secundarias de libros, revistas, publicaciones, estudios sobre antecedentes y diagnóstico actual de la Municipalidad de Rumiñahui, e Internet. Así se obtuvo información legal, y técnico-científica sobre caracterización de los componentes ambientales bióticos y abióticos.

### 3.2.2.- DE CAMPO

Se realizó salidas de campo, en primera instancia de diagnóstico para evaluar:

- ▶ posibles lugares y número de toma de muestras en el agua, suelo, aire, el medio acústico (problema de ruido ambiental), y macroinvertebrados.; y
- ▶ información sobre los procesos industriales de la actividad de extracción de material pétreo.

Posterior a esto se realizó un cronograma de salidas de campo e intervención social conjuntamente con la DPA del GADMUR que se encontró en concordancia con el avance del estudio establecido desde el inicio de las actividades hasta la culminación, es decir que se dispuso de un tiempo aproximado de cuatro meses con ocho salidas de campo e intervención social. En este contexto, se procedió a establecer que se realizaría:

- Observación directa del área de estudio e influencia, y se conoció los procesos, operaciones, insumos de la actividad de extracción de material pétreo;
- toma de muestras de agua y suelo: tres ensayos para análisis de calidad del agua, y dos ensayos para análisis de calidad del suelo para cumplir con la normativa ambiental;
- dos muestreos para evaluar el análisis de calidad del aire, uno para el lugar insitu donde acontece la diligencia minera y otro para el centro del Barrio Cashapamba donde residen cerca de 2000 habitantes; utilizando el equipo (Haz-scanner, modelo him-6000) que agradecidamente se dispuso mediante convenio con la Universidad Politécnica Salesiana, y gracias a la participación del Ing. Carlos Ulloa, quien administra los laboratorios y equipos de la UPS;
- para análisis acústico de (ruido ambiental), se realizó con el equipo (Quest-2900), sonómetro que se usa en la Dirección de Protección Ambiental del GADMUR;
- para medir calidad del agua mediante indicadores biológicos naturales (macroinvertebrados) en el Río Pita, análisis que se ejecutó antes de la actividad (línea base), y después de la actividad aguas abajo.

### **3.3.- NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.3.1.- EXPLORATORIA**

La investigación comparó aspectos relacionados con la calidad de los factores ambientales bióticos y abióticos; agua, suelo, aire, contaminación acústica (ruido) y su influencia en acciones estratégicas para la conservación, mitigación y prevención en la naturaleza por la actividad extractora de material pétreo.

#### **3.3.2.- DESCRIPTIVA**

Se realizó la descripción de la problemática ambiental y análisis de la relación con el contexto.

### **3.4.- PERIODO DE INVESTIGACIÓN**

El estudio inicio con la parte experimental desde el 27 de agosto de 2013 y se extendió hasta el 29 de noviembre del mismo año, se realizaron ocho recorridos de reconocimiento e investigación en el sector de estudio distribuidos en diferentes fechas:

- 27 de agosto,
- 24 de septiembre,
- 5 de noviembre,
- 7 de noviembre,
- 8 de noviembre,
- 11 de noviembre, y
- 12 de noviembre.

### **3.5.- DISEÑO Y ANÁLISIS DE DATOS**

Para la caracterización de los factores ambientales bióticos y abióticos se aplicaron análisis físico químicos, microbiológicos y macro-biológicos in situ; y en laboratorio, además de hacer referencia a los anexos y tablas del TULSMA (Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente) para el cumplimiento de los límites permisibles. Asimismo el diseño del estudio fue realizar un diagnóstico de la situación actual de la zona de influencia para los componentes ambientales utilizando los mismos indicadores que realiza el INIGEMM (Instituto Nacional de Investigación Geológico, Minero, Metalúrgico) para el tipo de minería que se desarrolla en el sector. Además por el asesoramiento de los técnicos de la Dirección de Protección Ambiental del GADMUR y la Directora de la presente investigación. También se hizo diseño y análisis de datos en base a bibliografía consultada.

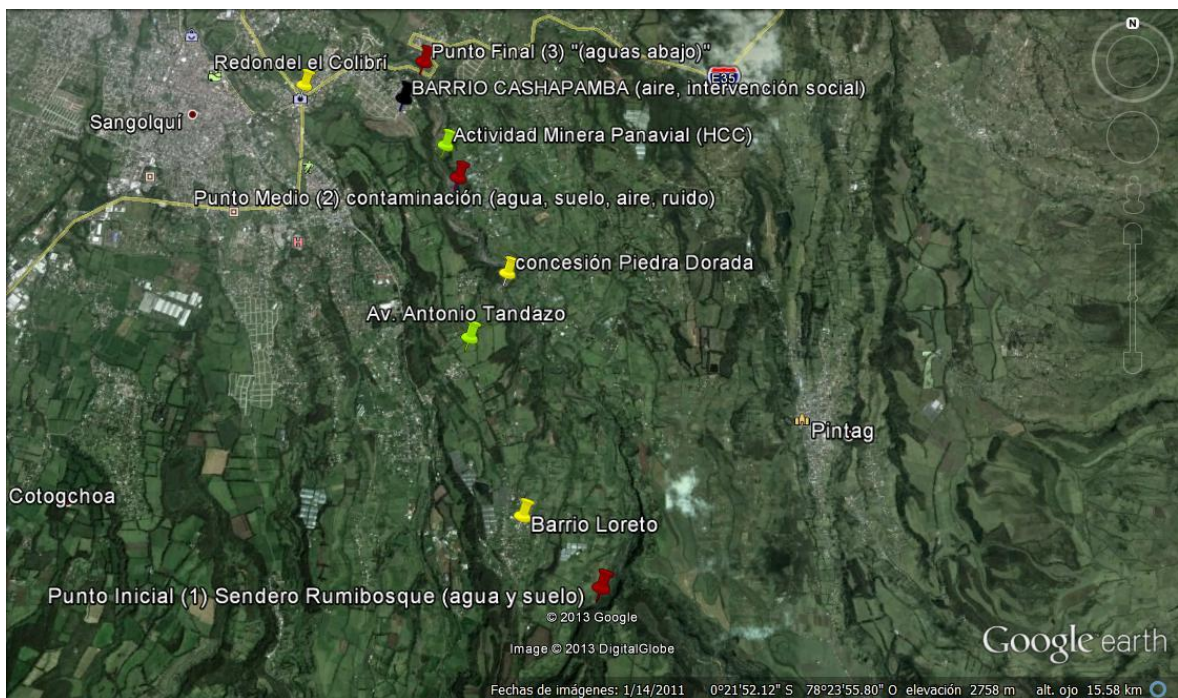
### **3.6.- PROCEDIMIENTO**

Para el cumplimiento de los objetivos de la investigación se realizaron las siguientes actividades:

#### **3.6.1.- CARACTERIZAR E IDENTIFICAR ESPECIFICAMENTE LA ZONA DE ESTUDIO**

Para la determinación del presente proyecto de investigación, se identificó el área de estudio mediante el uso de un **GPS** de la DPA del GADMUR tanto como para el Barrio Cashapamba, como para el Sendero Rumibosque, que posteriormente este último se definió como la línea base para la comparación de los factores ambientales bióticos y abióticos en condiciones antrópicas con las condiciones normales de la naturaleza en dicho sendero mencionado. Además se utilizó la herramienta **Google Earth, (2013)**, para la ubicación del

lugar in situ de estudio, y de todos los puntos de muestreo para los correspondientes análisis, que se llevaron a cabo. Así como también mapas temáticos del GADMUR en base al (Plan de desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Rumiñahui 2012-2025), para identificar y posteriormente detallar la actividad minera sobre el territorio del Cantón Rumiñahui. De igual forma se consultó en referencias bibliográficas información sobre el Barrio Cashapamba, y el Sendero Rumibosque para la correspondiente caracterización. Una vez caracterizado el centro poblado se procedió a identificar mediante un mapa satelital geo-referenciado en tiempo real, el Barrio Cashapamba en sí, con las zonas de incidencia que se tocaron y se estudiaron en este proyecto de investigación, como se modela en la Figura 4, donde se muestra toda el área in situ de estudio planificada, con puntos de anclaje de colores: amarillo, rojo y negro., los lugares de caracterización que determinaron la contaminación ambiental en el mencionado lugar.



**Figura 4.** Mapa del área in situ de estudio y lugares de caracterización que determinaron la contaminación ambiental en Cashapamba

(Google Earth, 2013)

### 3.6.2.- ESTABLECER UNA LÍNEA BASE

Se realizó una investigación bibliográfica y experimental para recopilar datos sobre el tipo de ecosistema presente en la zona in situ de estudio. Describiendo factores bióticos y abióticos diagnosticados según el sistema de clasificación de ecosistemas del Ecuador Continental del MAE, (2013). Es decir el ámbito natural del ecosistema se manifestó en las circunstancias tal y como se encuentra el entorno en el ambiente sin haber sido intervenido por el hombre, para de esta forma demostrar el objetivo general del estudio de que hay contaminación ambiental por la actividad extractora de material pétreo. Además de su importancia como centro recreativo y turístico dentro de la preservación y conservación de espacios verdes del Cantón Rumiñahui.

Esta línea base definida fue asesorada técnicamente por la Dirección de Planificación, del GADMUR, en base a esa recomendación, se planteó, que para demostrar la existente contaminación ambiental se compare la zona de las concesiones de actividad extractora y de explotación de material pétreo, con el **Sendero “Rumibosque”**, el cual se puede valorar mediante imágenes en el **(Anexo 1)**, tomadas de la página **Google Imágenes, (2013)**. Sendero que se encuentra en condiciones naturales sin actividad antrópica de estas características, del mismo sendero por el cual se extraen los recursos naturales no renovables, y del cual yace la vertiente del Río Pita. Establecido el punto base de referencia para el desarrollo del proyecto de investigación, para la comparación del estado natural del entorno en condiciones normales, con la actividad minera; y en base a lo que dicta la Ley a cerca de límites máximos permisibles para los componentes ambientales que fueron analizados, se procedió a identificar las zonas de estudio; puntuales y compuestas para la toma de muestras de los factores ambientales bióticos, y abióticos en la determinación del estudio previo al análisis correspondiente que se dio cita, dado del siguiente modo.

### **3.6.3.- CARACTERIZAR LA DILIGENCIA Y PROCESOS IN SITU DE EXTRACCIÓN DE MATERIAL PÉTREO (ACTIVIDAD MINERA)**

En primera instancia antes de proceder a los análisis de los factores ambientales bióticos y abióticos se llevó a cabo el reconocimiento de los procesos de extracción del material pétreo en el Barrio Cashapamba gracias a la ayuda conjunta entre el GADMUR, quien expidió la autorización para permitir el ingreso a las concesiones mineras; y la colaboración del Gerente de Producción de la empresa Panavial- H.C.C., quien fue guía en el reconocimiento de todos los términos y operaciones mineras que se desarrollan en el lugar in situ de la actividad.

La finalidad del reconocimiento y declaración in situ de los procesos y operaciones fue la de asimilar todas las concesiones (empresas), actividades, técnicas, métodos, tecnologías, maquinaria, mano de obra, impactos socioeconómicos, impactos ambientales, expansión territorial de la actividad, normas, políticas, medios de compensación para mitigar los impactos ambientales, entre otros. Es decir todos los insumos que se producen resultado de la actividad minera que se ejerce sobre el territorio del Cantón Rumiñahui (Cashapamba), para de esa forma poder identificar los puntos de muestreo claves de los factores ambientales mencionados en la determinación de este estudio. Una vez identificados los procesos e insumos de la actividad minera juntamente con los puntos claves estratégicos para el muestreo.

Se procedió a caracterizar la sistemática ordenada de los análisis de factores ambientales bióticos y abióticos que se alcanzó, dichos puntos presentados en la Figura 3 precedentemente, en que para cada factor ambiental se identificó la ubicación y coordenadas mediante el **GPS** de la DPA, del GADMUR, y con la ayuda del programa virtual **Google Earth (2013)**, para dar posiciones geográficas a los puntos de estudio. Y consistió en lo siguiente.

### **3.6.4.- CARACTERIZACIÓN, ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DEL RECURSO AGUA**

Este análisis se hizo para determinar si la actividad minera cumple con lo estipulado en la normativa ambiental, de acuerdo con la tabla número 12, que trata sobre los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce, del libro VI del TULSMA (2003), Anexo 1 sobre la norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes para el recurso agua, que deben seguir las industrias del tipo minería.

Se definió hacer el correspondiente análisis en el cauce del río Pita en el laboratorio OSP de la Universidad Central por la acreditación que este tiene en la transparencia de los resultados, el (análisis físico químico y microbiológico), con el único objetivo de comprobar el cumplimiento de la normativa ambiental, más no para el índice de calidad de agua.

Mientras que para el índice de calidad de agua se usó el conteo rápido de indicadores biológicos en el cuerpo de agua por (macro-invertebrados “análisis microbiológico”) correspondiente al **(punto 3.6.5)** de esta investigación para determinar el índice de calidad del agua. El análisis físico químico y microbiológico del agua para el cumplimiento de la normativa se detalla de la siguiente manera.

#### **3.6.4.1.- Planteamiento del muestreo para análisis físico-químico y microbiológico del recurso agua**

En este medio se utilizaron las investigaciones explorativas y explicativas, es decir se exploró el área de estudio antes de que se dé comienzo la actividad extractora en la vertiente del Río Pita, en la cascada del “Sendero Rumibosque”.

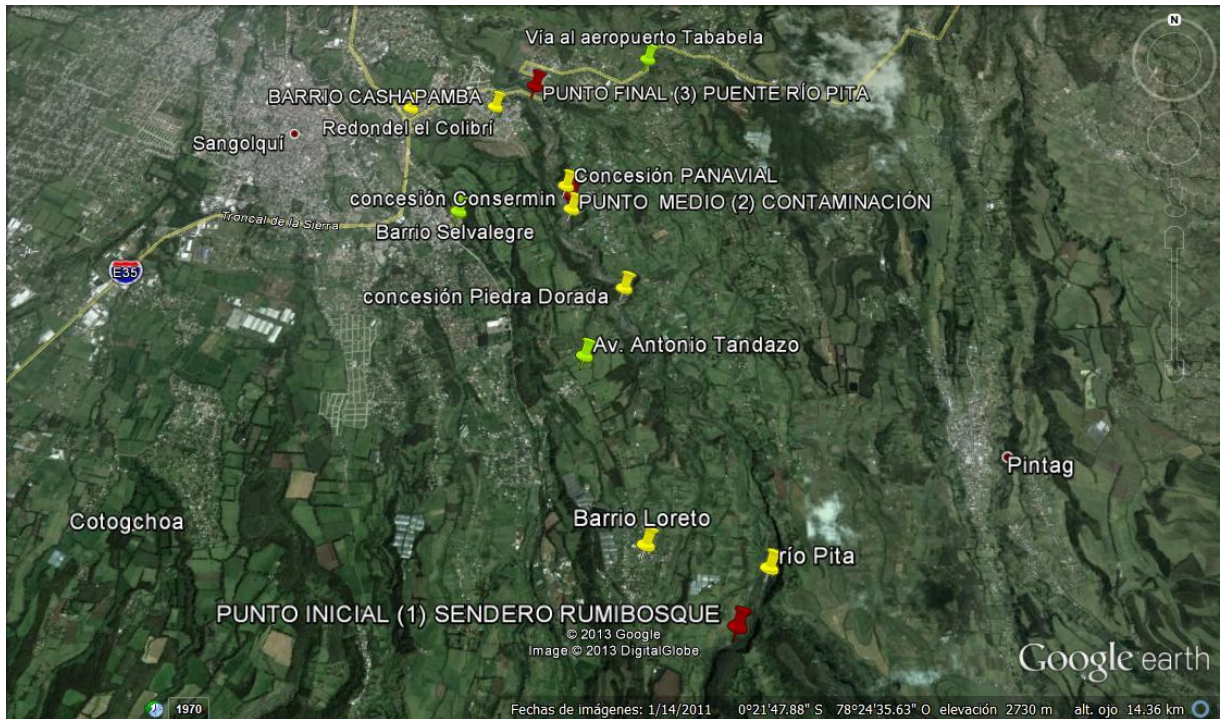


Como línea base para comparar los parámetros e indicadores de calidad del agua hasta la descarga aguas abajo después de la actividad extractora bajo el puente del Barrio Cashapamba, en la vía internacional Troncal de la Sierra E35, camino al aeropuerto de Tababela.

Se tomó tres ensayos como referencia para el sustento. Las tres muestras fueron: **i)** el punto inicial (1) en el Sendero Rumibosque.; **ii)** el punto medio (2) donde se encuentran las concesiones mineras (punto crítico de la contaminación); y **iii)** en el punto final (3) “aguas abajo” vía a Tababela, donde ya han finalizado las operaciones mineras.

Se hicieron tres ensayos debido al asesoramiento de varios técnicos de la Dirección de Protección Ambiental del Municipio de Rumiñahui y a las sugerencias de los técnicos del INIGEMM (Instituto Nacional de Investigación Geológico, Minero, Metalúrgico).

Además el punto medio (2) surgió por la identificación de la planta asfáltica que tiene la empresa Panavial - Herdoiza Crespo Construcciones, ese sitio se tomó como referencia debido a la gravedad del impacto sobre el cauce del río Pita. Previo a realizar la técnica de muestreo para el análisis físico-químico y microbiológico se planteó utilizar el instrumento **GPS** de la DPA del GADMUR y la herramienta virtual **Google Earth (2013)**, para identificar la ubicación y coordenadas UTM, geo-referenciadas donde se realizaron los ensayos y así registrar la posición geográfica en la obtención de los resultados para cada punto, expresados en el siguiente capítulo de la investigación. Como se consigue observar en la Figura 5, los tres puntos de muestreo que se planteó y se aplicó para el correspondiente análisis.



**Figura 5.** Panorama general de los tres puntos de muestreo para análisis físico-químico y microbiológico del recurso agua

(Google Earth, 2013)

En la anterior Figura 5 presentada, se puede constatar en letras mayúsculas y con puntos de anclaje de color rojo los tres ensayos que se aplicaron en el cauce del río Pita para el muestreo físico-químico y microbiológico del recurso agua.

Identificando los puntos de muestreo correspondientes a probar la existente contaminación por dicha actividad extractora minera de material pétreo. Finalmente se planteó mandar las muestras al laboratorio OSP, por el argumento de la acreditación certificada en acuerdo con la Dirección de Protección Ambiental del GADMUR.

### 3.6.4.2.- Materiales para el muestreo de análisis físico-químico y microbiológico del recurso agua

Los materiales para la recolección de muestras fueron: tres galones de plástico normales los grandes de tesalia con capacidad de cuatro litros cada uno, guantes quirúrgicos, mandil, casco, botas punta de acero, un recipiente para trasladar el agua de este hacia los galones de los tres ensayos en los tres puntos definidos, cámara fotográfica, libreta de apuntes, un GPS para la ubicación geo-referenciada de los puntos de muestreo, un flexómetro para medir la profundidad el río, un marcador permanente y masking para el etiquetado. Cabe expresar que las especificaciones de los galones fueron detallados por los mismos representantes de los laboratorios OSP, por lo cual el muestreo se realizó en ese tipo de material plástico, con ese volumen de contenido mencionado. Pero previamente homogenizado. Como se puede ver en la siguiente Figura 6, los materiales que se utilizaron para el muestreo.



**Figura 6.** Materiales y equipos para el muestreo de análisis de calidad de agua

#### **3.6.4.3.- Parámetros para análisis físico-químico y microbiológico del recurso agua**

Los parámetros que se analizaron según la información recopilada en el Libro VI del TULSMA, anexo 1; tabla 12 para descarga en cuerpos de agua dulce, también de estudios realizados por los Técnicos del INIGEMM (Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico) según el tipo de minería, y de los Técnicos del Municipio de Rumiñahui de la Dirección de Protección Ambiental fueron: DBO5, DQO, DUREZA TOTAL, OXIGENO DISUELTO, POTENCIAL HIDROGENO (pH), SOLIDOS DISUELTOS, SOLIDOS SEDIMENTABLES, SOLIDOS SUSPENDIDOS, SÓLIDOS TOTALES, TPH GRAVIMÉTRICO, TURVIDEZ, e INDICE DE COLIFORMES TOTALES. Este último es análisis de carácter microbiológico.

Todos estos parámetros son sustentados por el marco legal vigente, el tipo de zona geográfica y tipo de minería donde se desarrolla la actividad extractora en este caso **(MINERÍA ALUVIAL)**. Debido al asesoramiento de todas las autoridades y gremios mencionados en el apoyo de este estudio.

#### **3.6.4.4.- Métodos para el muestreo de análisis físico-químico y microbiológico del recurso agua**

El método usado para muestrear agua fue "*muestreo puntual*", es decir que se toma "*en un momento determinado (puntual) y resulta apropiado para caracterizar la calidad del agua para el cumplimiento de la normativa en un momento dado para los procedimientos de monitoreo y proveer valores mínimos y/o máximos de determinados parámetros de control*" (Nava, 2011).

Por lo que se tomaron un total de tres muestras en el cauce del Río Pita. Los métodos utilizados por el laboratorio OSP para los parámetros mencionados en el **(punto 3.6.4.3)**, se pueden apreciar en la Tabla 5.

**Tabla 5.** Métodos empleados para análisis físico-químico y microbiológico de parámetros del recurso agua

<b>PARÁMETROS</b>	<b>MÉTODOS</b>
DBO5	MAM-38 / APHA5210 B MODIFICADO
DQO	MAM-23 A/COLORIMETRICO MERCK MODIFICADO
DUREZA TOTAL	MAM-13 / APHA2340 C MODIFICADO
INDICE DE COLIFORMES FECALES	MMI-12/SM 9221-E
OXÍGENO DISUELTO	MAM-22/APHA 4500 O C MODIFICADO
pH	MAM-34 / APHA4500-pH + MODIFICADO
SÓLIDOS DISUELTOS	MAM-30 /APHA2540 C MODIFICADO
SÓLIDOS SEDIMENTABLES	MAM-28/APHA 2540 F MODIFICADO
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	MAM-31/APHA 2540 D MODIFICADO
SÓLIDOS TOTALES	MAM-29/APHA 2540 B MODIFICADO
TPH	MAM-39 / EPA418.1 MODIFICADO
TURBIDEZ	MAM-78/METODO RAPIDO MERCK

(OSP, 2013)

✓ **Descripción de los métodos empleados:**

Para la determinación de los parámetros de análisis de calidad de agua presentados en la Tabla 5, los métodos se fundamentaron desde lo expresado por los laboratorios OSP (2013). De la siguiente forma:

## **DBO5**

El método MAM-38 / APHA5210 B MODIFICADO, usó la técnica respirométrica con rangos de entre 0,28 -1 000 mg/l, esta se basa en medir el consumo de oxígeno, o la producción de CO<sub>2</sub>, en una Botella Respirométrica.;

## **DQO**

El método MAM-23 A/COLORIMETRICO MERCK, usó la técnica colorimétrica, con rangos de 30 a 400 mgO<sub>2</sub>/l, en la que la muestra es digerida, es decir el material DQO en esa muestra se oxida por el ión dicromato. Como resultado, el Cromo pasa de estado hexavalente (VI) a trivalente (III);

## **DUREZA TOTAL**

El método MAM-13 / APHA2340 C MODIFICADO, empleó la técnica volumétrica que consistió en reaccionar el analito problema, con un volumen de un reactivo para originar la reacción, es decir se añade a la disolución que contiene la sustancia que se quiere determinar la cantidad de mililitros de disolución de reactivo (agente valorante) estrictamente necesaria para la reacción cuantitativa. Y con rangos de 0,5 a 2 500 mg CaCO<sub>3</sub>/l.;

## **INDICE DE COLIFORMES FECALES**

El método MMI-12/SM 9221-E, en que se empleó la técnica del número más probables (NMP), donde esta tiene la capacidad de fermentar la lactosa con producción de ácido y gas al incubarlos a 35°C ± 1°C durante 48 horas, utilizando un medio de cultivo que contenga sales biliares para el grupo microbiano.;

## **OXÍGENO DISUELTO**

El método MAM-22/APHA 4500 O C MODIFICADO, utilizó la técnica iodométrica con rangos de 0,4 a 10 mg/l donde se efectúa a partir de una titulación basada en la reacción del yodo con el sulfuro en solución ácida, oxidándolo hasta azufre.;

## **pH**

El método MAM-34 / APHA4500-pH + MODIFICADO, manejó la técnica electrométrica, en la que se determina el pH , midiendo el potencial generado (en milivolts) por un electrodo de vidrio que es sensible a la actividad del ión H<sup>+</sup> , este potencial es comparado contra un electrodo de referencia, que genera un potencial constante e independiente del pH. El electrodo de referencia que se utiliza es el de calomel saturado con cloruro de potasio.;

## **SÓLIDOS: DISUELTOS, SUSPENDIDOS y TOTALES**

Los métodos: MAM-30 /APHA2540 C MODIFICADO, MAM-31/APHA 2540 D MODIFICADO, y MAM-29/APHA 2540 B MODIFICADO respectivamente, se usaron técnicas gravimétricas con rangos desde 5 a 1 000 mg/l, y que consistieron en determinar la cantidad proporcionada de un elemento, radical o compuesto presente en las muestras, eliminando todas las sustancias que interfieren y convirtiendo el constituyente o componente deseado en un compuesto de composición definido, que sea susceptible de pesarse.

La gravimetría es un método analítico cuantitativo, es decir, que determina la cantidad de sustancia, midiendo el peso de la misma (por acción de la gravedad);

## **SÓLIDOS SEDIMENTABLES**

El método MAM-28/APHA 2540 F MODIFICADO se determinó por sedimentación con rango desde 0,1 a 50 ml/l. Y consistió en remover los sólidos suspendidos que el agua contenía aplicando la fase sólida finamente dividida en un vaso de bohemia, y que al ser más densa que la fase líquida, se fue depositando en el fondo del recipiente debido a la fuerza de atracción gravitatoria.;

## **TPH**

El método MAM-39 / EPA418.1 MODIFICADO, usó técnica gravimétrica con rangos de 0,5 a 100 mg/L y consistió en extracción y evaporación del solvente;

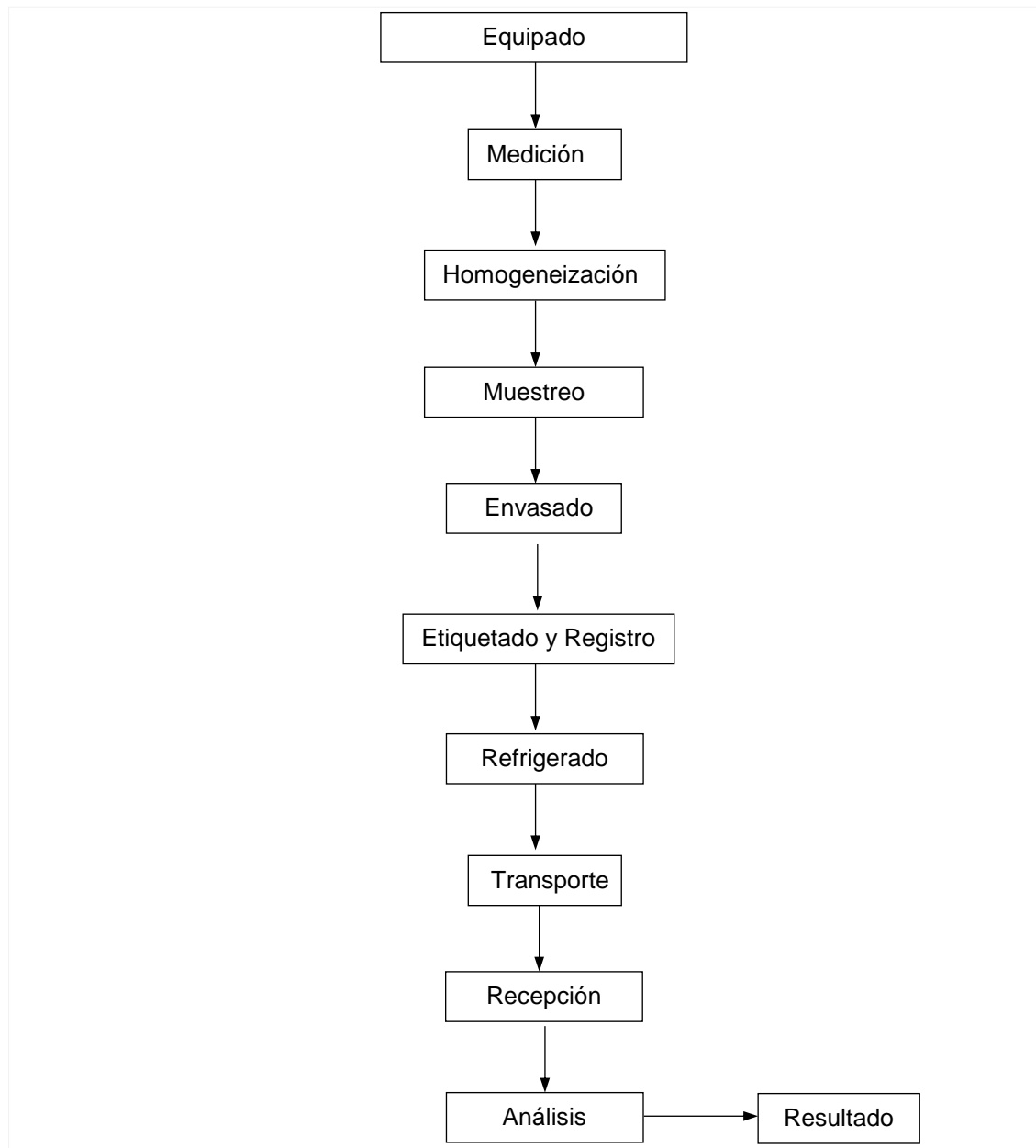
## **TURBIDEZ**

El método MAM-78/METODO RAPIDO MERCK se usó el nefelómetro o turbidímetro, que midió la intensidad de la luz dispersada a 90 grados cuando un rayo de luz, pasó a través de cada muestra de agua.

La técnica de muestreo para los tres puntos de ensayo fue introducirse en el cauce del Río Pita con el equipo de protección personal (EPP) y el material utilizado que se describe en el **(punto 3.6.4.2)** de esta investigación, a una profundidad de 20 centímetros, medida que se tomó con un flexómetro en las botas sumergidas en el agua hasta que el agua superficial señale la medida en dichas botas, para luego ser medida la profundidad con el flexómetro en la señal que marcó el agua en las botas. Luego se tomaba el envase plástico con el envase de traslado previamente homogenizado con el agua del cauce mismo, y se recogían 4 litros de muestra, se sellaba y se etiquetaba con papel, y masking;

Por último se registraba con marcador los datos de cada muestreo para identificar la muestra con dicho membrete, adherido en la botella plástica. Además la toma de muestras se realizó en un día laboral, en el que las concesiones mineras estén operando, y en un día en el que no llovió durante el muestreo. El diagrama de procesos de esta metodología se muestra en la Figura 7.





**Figura 7.** Esquema del proceso de muestreo para análisis físico-químico y microbiológico del recurso agua.

Posteriormente para determinar si la actividad extractora de material pétreo está cumpliendo con la normativa nacional se **comparó** los resultados obtenidos con la **tabla número 12**, que trata sobre los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce del **libro VI del TULSMA, Anexo 1**.

Sobre la norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua. Esto para los puntos: **punto medio (2)** de la contaminación crítica donde operan las actividades mineras, y **punto final (3)** aguas abajo donde han finalizado las actividades mineras en el puente sobre el río Pita en la vía E35 Troncal la Sierra. Mientras que para el **punto inicial (1)**, en el sendero Rumibosque se interpretaron los resultados como una línea base, para comparar los resultados obtenidos en los puntos 2 y 3, y así se determinó el cumplimiento o no con la normativa vigente. Estos criterios surgieron del título **(4.1.9 del TULSMA libro VI; Anexo1)**, para la calidad de aguas de uso **industrial**, en el que *“se entiende por uso industrial del agua su empleo en actividades como: a) Procesos industriales y/o manufactureros de transformación, así como aquellos conexos o complementarios; b) Generación de energía y c) Minería”* (TULSMA libro VI, Anexo1, 2003).

Las muestras obtenidas se mandaron a los laboratorios de la OSP (Oferta de Servicios y Productos) de la Universidad Central, donde se tuvo participación, y asistencia en dichos laboratorios para su posterior resultado. Y de acuerdo al convenio establecido con la DPA del GADMUR, de realizar los análisis en un laboratorio acreditado por la OAE (Organismo de Acreditación Ecuatoriano). Asimismo se consideró las indicaciones del laboratorio OSP, antes de la entrega de muestras. Estas premisas eran las de conservar las muestras en la refrigeradora normal a 4°, no más de 24 horas previamente a la entrega, en los tres galones con volumen de 4 litros de muestra.

Por lo tanto las muestras se refrigeraron el mismo día martes 24 de septiembre de 2013 en que se tomaron las muestras, a las 15:30 pm, a una temperatura de 4 grados Celsius en el refrigerador durante 16 horas y 30 minutos previa a la entrega en el laboratorio OSP. Donde fueron receptadas a las 10:30 am para el correspondiente análisis.

También se siguieron las especificaciones de las normas técnicas ecuatorianas: la norma (NTE INEN 2176:1998), para calidad del agua. Muestreo. Y técnicas de muestreo; y la norma (NTE INEN 2169:98) para calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras (INEN, 2013). Y de este modo poder interpretar los resultados en el siguiente capítulo.

### **3.6.5.- CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS MACROBIOLÓGICO PARA DETERMINAR LA CALIDAD DE AGUA (POR MACROINVERTEBRADOS)**

El conteo rápido de indicadores biológicos en el cuerpo de agua por (macroinvertebrados, análisis microbiológico) trató sobre la capacidad que tiene el cauce del río Pita de albergar organismos vivos que son visibles a simple vista para el ojo humano y de fácil estudio. Según Ladrera (2012) se denominan macroinvertebrados acuáticos *“aquellos invertebrados que poseen un tamaño superior a 500 µg, entre los que se incluyen animales como esponjas, planarias, sanguijuelas, oligoquetos, moluscos o crustáceos”*, entre otros. Sin embargo, el grupo de invertebrados acuáticos más ampliamente distribuido en las aguas dulces es el de los insectos. *“La mayoría de éstos, se encuentran en estado inmaduros (huevos y larvas) son acuáticos, mientras que los adultos suelen ser terrestres. Entre los insectos con alguna fase de su vida acuática destacan, por su abundancia y distribución, los siguientes órdenes: efemerópteros, plecópteros, odonatos, hemípteros, coleópteros, tricópteros y dípteros.*

Este análisis se hizo con el fin de determinar el índice de calidad de agua por el método de bioindicadores en el cauce del río Pita, mas no para el cumplimiento de la normativa ambiental del TULSMA. Una vez que se tomó la referencia bibliográfica a cerca de los macroinvertebrados se procedió a comparar la calidad del ecosistema acuático en el agua antes y después de la actividad. A continuación se detalla la sistemática que siguió este apartado.

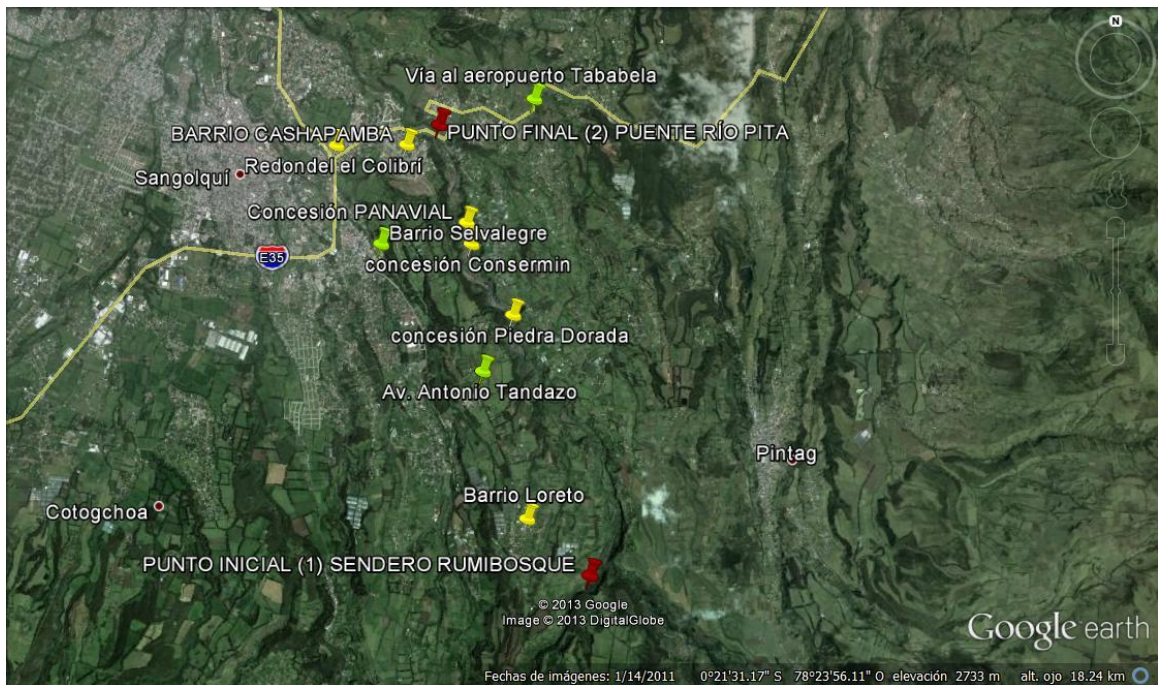
### **3.6.5.1.- Planteamiento del muestreo de análisis microbiológico (macroinvertebrados) para determinar la calidad de agua**

Se planteó en este análisis hacer dos ensayos: **i)** para el muestreo en la línea base sendero Rumibosque como punto inicial (1) antes de la influencia de la actividad minera, y el entorno en condiciones naturales; y **ii)** para el punto final (2) aguas abajo donde ya han culminado las operaciones mineras en que el cuerpo de agua del río Pita ha sido afectado en el ecosistema acuático por la actividad, a la altura del puente sobre el río Pita, vía a Tababela.

De esa forma mediante los dos ensayos, se comparó la vida existente en el medio acuático con el único objeto de contrastar la biodiversidad en los dos puntos, y que mediante estos bioindicadores (macroinvertebrados), se determine el índice de calidad de agua.

De la misma manera que para el análisis físico-químico y microbiológico del agua, previo a realizar la técnica de muestreo para macroinvertebrados se utilizó el instrumento **GPS** de la DPA del GADMUR y la herramienta virtual **Google Earth (2013)**, para identificar la ubicación y coordenadas UTM, georeferenciadas donde se realizaron los ensayos y así registrar la posición geográfica.

En la Figura 8, se aprecia panorámicamente los dos puntos de ensayo, que se programó para el análisis de calidad de agua a través de los indicadores biológicos (macroinvertebrados).



**Figura 8.** Panorama general de los dos puntos de muestreo de análisis microbiológico (macroinvertebrados), para calidad de agua.

(Google Earth, 2013)

En la expuesta Figura 8, se presenta con puntos de anclaje de color rojo y letras en mayúsculas los ensayos donde se realizó el análisis microbiológico (macroinvertebrados), para la determinación de la calidad de agua: **1)** antes de la actividad minera con el nombre de punto inicial (1) sendero Rumibosque.; y **2)** después de la actividad minera con el nombre punto final (2) puente río Pita.

### **3.6.5.2.- Materiales para el muestreo de análisis microbiológico (macroinvertebrados) para determinar la calidad de agua**

Los materiales para este ensayo en los dos puntos de muestreo fueron: guantes quirúrgicos, y de uso industrial, botas punta de acero, una bandeja de plástico para separar los sedimentos y poder hallar los (macroinvertebrados), una cernidora metálica que permita dejar pasar el agua y atraparlos con el

sedimento, dos recipientes de vidrio para depositarlos y recolectados en los diferentes puntos, un frasco de alcohol etílico para la preservarlos en los recipientes de vidrio, una pinza metálica de cejas para manipularlos, y una cámara digital fotográfica para el registro de las especies en el muestreo de la determinación de calidad de agua en el ecosistema acuático del río Pita. En la Figura 9, se puede observar los materiales utilizados para el muestreo de macroinvertebrados.

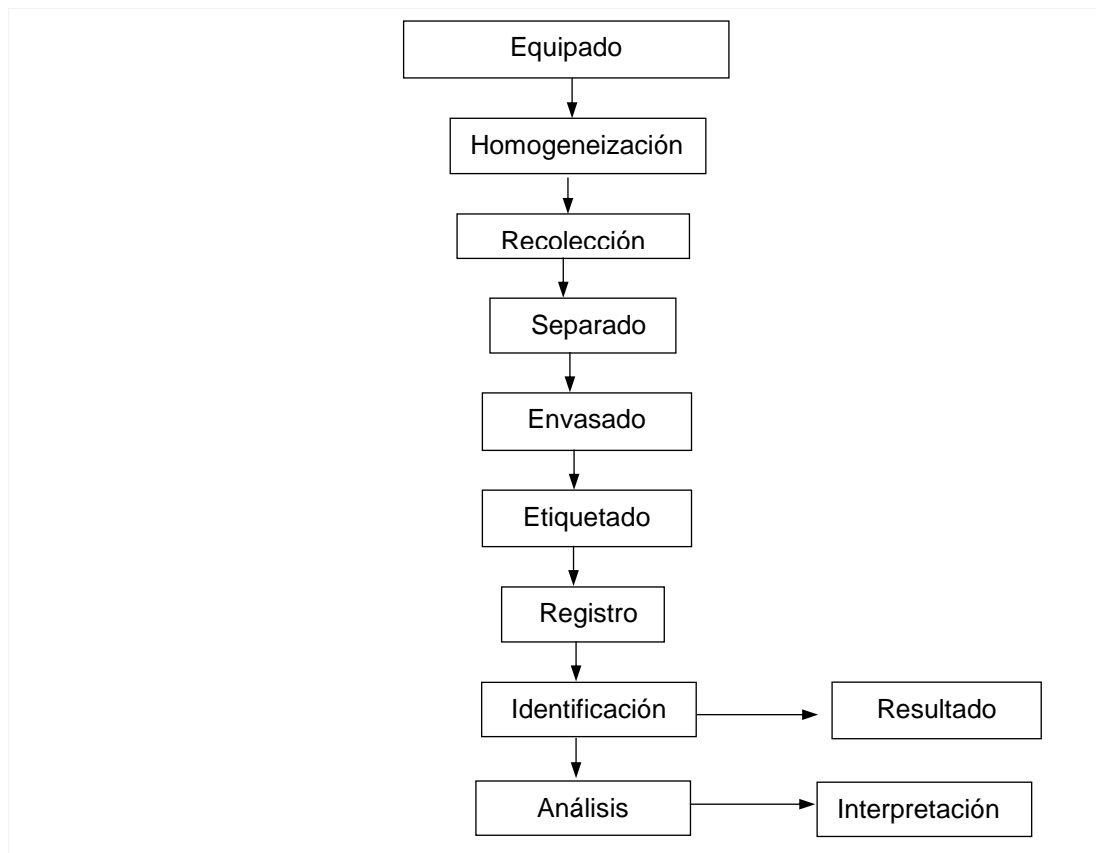


**Figura 9.** Materiales y equipos para el muestreo de análisis microbiológico (macroinvertebrados)

### **3.6.5.3.- Método para el muestreo de análisis microbiológico (macroinvertebrados) para determinar la calidad de agua**

Tomando en cuenta el módulo de Calidad de agua que se estudió en quinto semestre juntamente con la gira técnica, en la que se aplicó la parte teórica con la experimental en el transcurso de la materia recibida por Endara (2012); y también en base al manual de monitoreo elaborado por Carrera y Fierro (2001), se procedió hacer el muestreo de los macroinvertebrados. La sistemática con respecto a la técnica fue la de equiparse con el equipo de protección personal y usar los materiales que se mencionaron en el **(punto 3.6.5.2)**, luego






introducirse en el cauce del Río Pita para depositar la cernidora metálica en el río, posteriormente remover sedimentos con las botas en la dirección de la corriente del río, hacia la posición en la que se colocó la cernidora; también se buscó en las orillas del río, pozas de agua debajo de piedras y troncos. Finalmente utilizando guantes quirúrgicos y una pinza metálica de cejas. De esta manera se procedió a la separación de los macroinvertebrados del sedimento, poniéndolos en los recipientes de vidrio con alcohol etílico para poderlos identificar y clasificarlos según las especies y familias que albergan en los ecosistemas acuáticos como indicadores de calidad del agua. En la Figura 10, se muestra el diagrama de flujo donde se puede contemplar el proceso que se siguió en este apartado.



**Figura 10.** Esquema del proceso de muestreo análisis macrobiológico (macroinvertebrados) para calidad de agua.

Posteriormente para la determinación de la calidad de agua por la influencia de los macroinvertebrados en los ecosistemas acuáticos, en la comparación de la contaminación ambiental existente entre los dos puntos de muestreo identificados sobre el río Pita. Dentro del proyecto de investigación se tuvo sustentó en artículo científico elaborado por Endara (2012) de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la UTE, haciendo fundamento en la siguiente Tabla 6, reescrita.

**Tabla 6.** Determinación de calidad de agua por número de especies monitoreadas en los ecosistemas acuáticos

CLASE	CALIDAD	* BMWP/COL (# de individuos)	SIGNIFICADO	COLOR
I	Buena	$\geq 150$ , 101-120	Aguas muy limpias a limpias	
II	Aceptable	61 – 100	Aguas ligeramente contaminadas	
III	Dudosa	36 – 60	Aguas moderadamente contaminadas	
IV	Crítica	16 – 35	Aguas muy contaminadas	
V	Muy Crítica	$\leq 15$	Aguas fuertemente contaminadas	

\*BMWP/COL: índice biológico (Biological Monitoring Working Party Score System), metodología para evaluar la calidad del agua en los ecosistemas acuáticos, por número de especies encontradas.

(Endara, 2012)

En cuanto a la identificación y registro de las diversas especies y familias encontradas en los dos puntos de muestreo sobre el cauce del río Pita se recurrió al artículo científico de identificación de especies que manifiesta Ladrera (2012); y del manual de identificación de especies que expresan Carrera y Fierro (2001), para el reconocimiento respectivo.



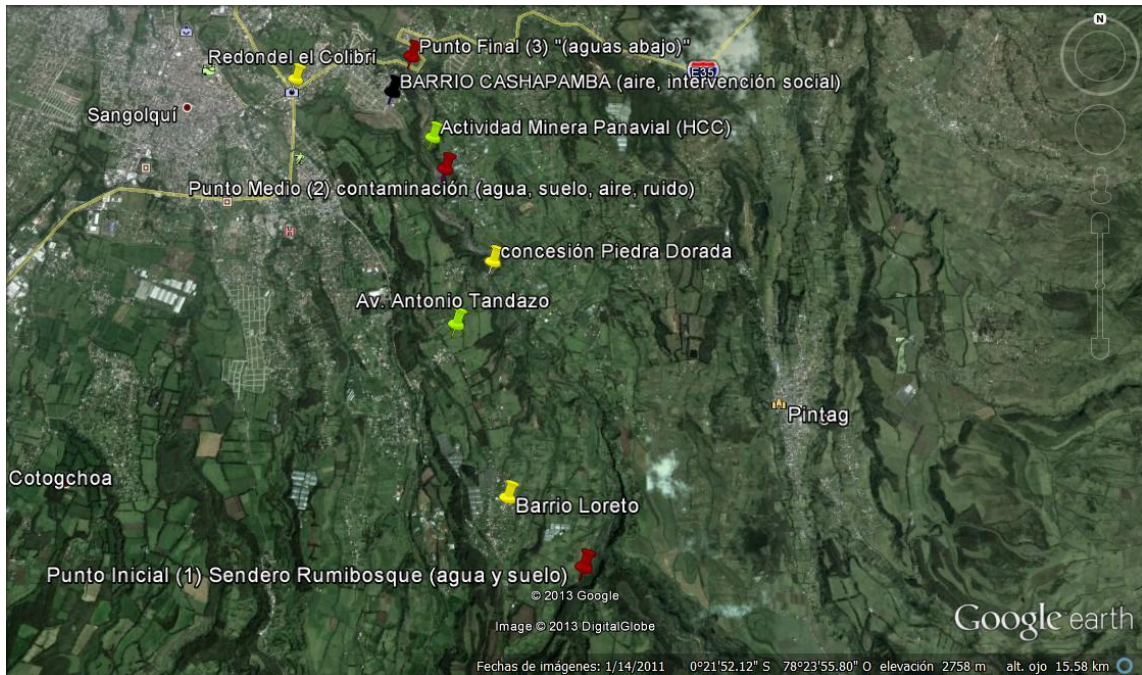
### **3.6.6.- CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL RECURSO SUELO**

La sistemática para el muestreo del suelo fue “*muestreo compuesto*”, y de recolectar un kilogramo de suelo limpio en condiciones normales, no contactado ni afectado por la actividad extractora de la misma línea base del “Sendero Rumibosque”. Con otra muestra de otro kilogramo afectado por la actividad minera para su respectiva comparación y determinar la contaminación ambiental en este medio. El procedimiento que se siguió se detalla a continuación.

#### **3.6.6.1.- Planteamiento del muestreo para análisis físico-químico del recurso suelo**

Al igual que en el medio acuático se utilizó investigaciones explorativas y explicativas, es decir se exploró el área de estudio antes de que se dé comienzo la actividad extractora en el río Pita, en el entorno del “Sendero Rumibosque” (**punto 1 suelos**), como línea base para comparar los parámetros e indicadores de calidad del suelo en **sedimento**, la causa simple de muestrear en sedimento fue por el lavado de material que hacen las volquetas en el cauce del río Pita y la descarga de compuestos químicos que hacen sobre el mismo por acción de los procesos de actividad minera. De esta forma se definió y se comparó entre los dos ensayos para determinar la existente contaminación donde se encuentran operando las concesiones mineras (**punto 2 suelos**). Los dos ensayos realizados de igual condición se llevaron a cabo por el asesoramiento de varios técnicos de la Dirección de Protección Ambiental del Municipio de Rumiñahui y el asesoramiento de los técnicos del INIGEMM, para muestrear en sedimento por el tipo de minería identificado. Igualmente para el análisis físico-químico del recurso suelo, previo a realizar la técnica de muestreo para su determinación y caracterización se utilizó el instrumento **GPS**

de la DPA del GADMUR y la herramienta virtual **Google Earth (2013)**, para identificar la ubicación y coordenadas UTM, geo-referenciadas donde se realizaron los ensayos y así registrar la posición geográfica. En la Figura 11, se observa ampliamente los dos puntos de muestreo, que se planteó para el análisis físico-químico del recurso suelo.



**Figura 11.** Vista general de los dos puntos de muestreo para análisis físico-químico del recurso suelo

(Google Earth, 2013)

En la ostentada Figura 11, se muestra con puntos de anclaje de color rojo y letras en mayúsculas los dos ensayos donde se realizó el análisis físico-químico del recurso suelo, y son: **1)** punto 1 antes de la actividad minera con el nombre de punto inicial (1) sendero Rumibosque para suelo; y **2)** el punto 2 de la contaminación con el nombre punto medio (2) contaminación para suelo. Finalmente se dispuso mandar las muestras de suelo al laboratorio OSP, por la acreditación en la transparencia de los resultados.

### 3.6.6.2.- Materiales para el muestreo de análisis físico-químico del recurso suelo

Los materiales que se utilizaron fueron: dos palas pequeñas metálicas de jardinería para la recolección del sedimento.; un rastrillo pequeño metálico para remover el suelo, guantes quirúrgicos, casco industrial, libreta de apuntes para el registro, botas puntas de acero, una cámara digital fotográfica para constancia del ensayo, fundas zipper con etiquetas para la conservación de las muestras de suelo, marcador permanente para el etiquetado, fundas plásticas para el transporte, y un GPS para la ubicación de los puntos de muestreo. Los materiales utilizados se pueden observar en la Figura 12, para análisis del recurso suelo.



**Figura 12.** Materiales y equipos para el muestreo de análisis de calidad de suelo

Cabe expresar que las especificaciones de la cantidad equivalente a un kilogramo de sedimento fue detallado por los mismos representantes de los laboratorios OSP, que no se debían entregar muestras menores a dicha cantidad y en fundas zipper que permitan preservar las muestras de suelo. Por tal razón el muestreo se realizó en fundas zipper grandes con una cantidad de dos kilogramos equivalente a 4.4 libras en cada uno de los dos ensayos, medida que fue especificada en las palas metálicas de jardinería.

### **3.6.6.3.- Parámetros para análisis físico-químico del recurso suelo**

Los parámetros que se analizaron según la información recopilada en el Libro VI del (TULSMA, anexo 2), tomando en cuenta el anexo 1; sobre la calidad inicial que deben tener los parámetros de calidad de suelo según el uso (minero), y el anexo 2; sobre los criterios de calidad de suelo.

Asimismo de la representación que se tomó en cuenta para el análisis del medio acuático, en el medio suelo se valoró los parámetros que en estudios realizados por los Técnicos del INIGEMM (Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico) hacen de acuerdo al tipo de minería; y juntamente con el criterio de los Técnicos del Municipio de Rumiñahui de la Dirección de Protección Ambiental fueron: ACIDEZ, CONDUCTIVIDAD, HUMEDAD, MATERIA ORGÁNICA, pH, TEXTURA, y TPH (hidrocarburos totales de petróleo). Todos estos parámetros fueron sustentados por el marco legal vigente, el tipo de zona geográfica y tipo de minería donde se desarrolla la actividad extractora en este caso **(MINERÍA ALUVIAL)**. Debido al asesoramiento de todas las autoridades y gremios presentes en el apoyo de este estudio, se realizaron esos análisis para posteriormente interpretarlos.

### **3.6.6.4.- Métodos para el muestreo de análisis físico-químico del recurso suelo**

El método usado para muestrear suelo fue “*muestreo compuesto*”, que según Litter, Armienta y Farías (2009) es “*aquella muestra tomada en un área determinada para obtener una sola que presumiblemente representa el total*”. Es decir que tiene la ventaja de permitir un muestreo mayor sin aumentar el número de análisis.

Este tipo de muestreo “se realiza cuando la medida es más importante que la variabilidad, el número de muestras oscila entre 4 y 16; y como regla general el área representada por una muestra compuesta no debería ser superior a 1 Ha. (100 x 100 m)” (Armienta, Farías & Litter, 2009).

Dada esta sistemática y para el muestreo realizado en suelo. Se procedió a describir los métodos usados por el laboratorio OSP, previo a la entrega de las muestras para su correspondiente análisis. En la Tabla 7, se expresan los métodos que se usaron en la investigación de calidad de suelo.

**Tabla 7.** Métodos empleados para el análisis físico-químico de parámetros del recurso suelo

PARÁMETROS	MÉTODOS
ACIDEZ	TITULOMÉTRICO
CONDUCTIVIDAD	EPA 3050 Y 7210
HUMEDAD	EPA 1310 A
MATERIA ORGÁNICA	MÉTODO DE WALKLEY
pH	MAM-67/EPA9045C MODIFICADO
TEXTURA	DESIMETRO DE BOYOCOUS
TPH	CROMATOGRAFÍA GASES MASA

(OSP, 2013)

✓ **Descripción de los métodos empleados:**

Para la determinación de los parámetros de análisis de calidad de suelo presentados en la Tabla 7, los métodos se fundamentaron desde lo expresado por los laboratorios OSP (2013). Del siguiente modo:

## **ACIDEZ**

El método TITULOMÉTRICO, Correspondió hacer por volumetría determinar la cantidad de base fuerte requerida para llevar el pH del suelo a un valor determinado (por ejemplo pH 7). Y se midió en meq/100 g.;

## **CONDUCTIVIDAD**

El método EPA 3050 Y 7210, usó el conductímetro en el que, para obtener la conductividad eléctrica del suelo en el extracto de saturación inicialmente se preparó la pasta saturada del suelo; luego se extrajo el extracto en un filtro a presión. Y en el extracto obtenido se leyó la conductividad.;

## **HUMEDAD**

El método EPA 1310 A, usó la técnica tradicional, por medio del secado a horno, donde la humedad del suelo es la relación expresada en porcentaje entre el peso del agua existente en una determinada masa de suelo y el peso de las partículas sólidas.;

## **MATERIA ORGÁNICA**

EL MÉTODO DE WALKLEY el cual consistió en una oxidación con dicromato de potasio en medio de ácido sulfúrico, esta reacción tomó el calor de la disolución del ácido, lo que elevó la temperatura y logró la oxidación del carbono orgánico, este dicromato residual es posteriormente titulado con una sal ferrosa.;

## **pH**

El método MAM-67/EPA9045C MODIFICADO, se usó un potenciómetro o pHmetro pero evidentemente se dispersó la muestra de suelo en agua destilada ya que este aparato solo detecta los iones (H<sup>+</sup>) disueltos en medio líquido;



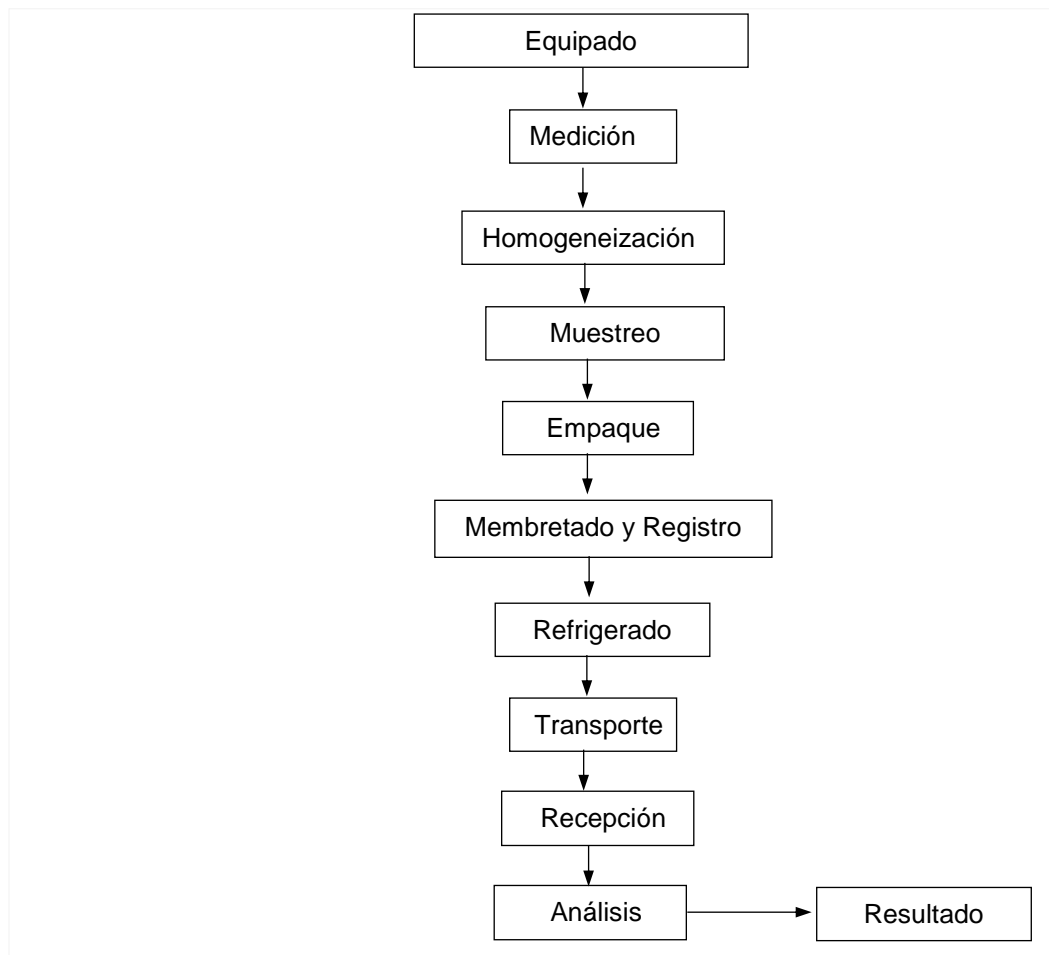
La sistemática consistió en comparar las muestras obtenidas con la normativa del TULSMA, Anexo 2; de la norma de Calidad Ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados, en: el anexo 2 sobre los criterios de calidad del suelo; y en el anexo 3, sobre los criterios de remediación (valores máximos permisibles).

La técnica de muestreo para los dos ensayos fue: introducirse en el cauce del Río Pita con el equipo de protección personal (EPP) y el material utilizado que se describe en el punto **(3.6.6.2)**, a una profundidad de 10 centímetros, medida que se tomó con las palas metálicas usadas y posteriormente medido con un flexómetro, también se muestreo en orillas del río Pita donde reposaba el sedimento en un radio total de (15 x 15 m), luego se depositó las muestras recolectadas en las fundas zipper, se etiquetó y se registró en la nota de apuntes las observaciones, y datos geo-referenciados del GPS, la hora, la fecha y el lugar del muestreo para identificar de entre los dos ensayos realizados.

Posteriormente se refrigeraron las muestras del suelo igual que las muestras de agua a una temperatura de 4° Celsius en el refrigerador previo a su entrega en el laboratorio OSP de la Universidad Central del Ecuador, el refrigerado duró 16 horas y 30 minutos antes de la recepción por parte del laboratorio. Así se analizaron las muestras de suelo, para en el próximo capítulo interpretar los resultados obtenidos. Cabe mencionar que dichas especificaciones para la calidad de muestras de suelo fueran indicadas por los mismos funcionarios del laboratorio OSP y considerando también el Anexo 2 sobre la norma de calidad ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados, del TULSMA. Dentro de las especificaciones del Anexo 2 sobre la norma de calidad ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados, en el título **(4.1.3.6 del TULSMA)**.



Se tomaron en cuenta los siguientes criterios acerca de que cuando un suelo se encuentre contaminado, el causante o la organización responsable por la contaminación, adoptará procedimientos para el informe y son: 1) Caracterización del área de influencia directa; 2) Determinación del origen de la contaminación; 3) Diagnóstico de la contaminación in situ; 4) Criterios de toma de muestras; 5) Análisis de muestra y 6) Remediación del suelo contaminado. Y de esta manera se pudo interpretar los resultados de calidad de suelo en el siguiente capítulo. El diagrama de procesos de esta metodología, para análisis físico-químico del recurso suelo se modela en la Figura 14.



**Figura 14.** Esquema del proceso de muestreo para análisis físico-químico del recurso suelo

### **3.6.7.- CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DE CALIDAD DE AIRE**

El análisis de calidad de aire se fundamentó con el fin de demostrar la existente contaminación ambiental en dos puntos claves: En el **Barrio Cashapamba.**; y en el lugar **in situ donde laboran las actividades mineras**, con el único propósito se comparar los resultados obtenidos con la normativa vigente y si de esta manera también es aceptable para los habitantes de Cashapamba y los trabajadores de las concesiones mineras. El Procedimiento que se alcanzó para este análisis fue el siguiente.

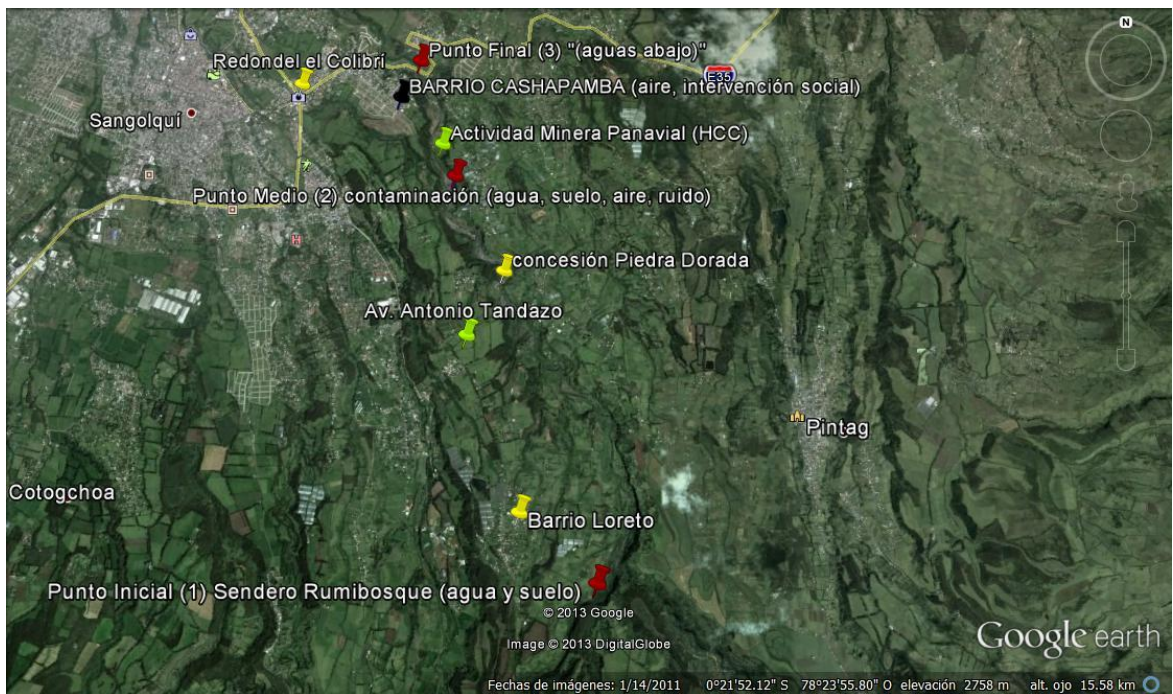
#### **3.6.7.1.- Planteamiento del muestreo para análisis de calidad de aire**

Se propuso analizar la calidad de aire de acuerdo a la disponibilidad de tiempo y adquisición del equipo utilizado, ya que el equipo de la UTE carecía de componentes y capacitación sobre su uso para el correspondiente análisis. Sin embargo mediante convenio realizado entre la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, mediante la Directora de esta investigación, y el Coordinador del CIVABI (Centro de Investigación y Valoración de la Biodiversidad), de la Universidad Politécnica Salesiana, se dispuso y se asesoró técnicamente el uso del equipo para el correspondiente análisis.

Una vez definido el equipo que se utilizó, se definió hacer dos ensayos de calidad de aire los cuales fueron:

- i)** el primero sobre el entorno de las concesiones mineras donde opera dicha actividad, es decir el punto crítico de la contaminación., y
- ii)** el segundo ensayo en el entorno del Barrio Cashapamba donde residen los habitantes. De esta manera se comparó y se interpretó obteniendo satisfactorios resultados.

Para el análisis de calidad de aire, previo a ejecutar la técnica de muestreo hacia su determinación y caracterización, también se planteó utilizar el instrumento **GPS** de la DPA del GADMUR y la herramienta virtual **Google Earth (2013)**, para identificar la ubicación y coordenadas UTM, georeferenciadas donde se realizaron los ensayos y así registrar la posición geográfica. En la Figura 15, se valora considerablemente los dos puntos de muestreo, que se perfilaron para el análisis de calidad de aire.



**Figura 15.** Perspectiva general de los dos puntos de muestreo para análisis de calidad de aire

(Google Earth, 2013)

En la presentada Figura 15, se muestra con puntos de anclaje de color rojo, y negro, y con letras en mayúsculas los dos ensayos donde se realizó el análisis de calidad de aire, y fueron: **1)** punto 1 calidad de aire, con el nombre de punto medio (2) contaminación para aire, y con punto de anclaje de color rojo.; y **2)** el punto 2 calidad de aire, con el nombre Barrio Cashapamba con punto de anclaje de color negro.

### 3.6.7.2.- Equipo y materiales para el muestreo de análisis de calidad de aire

Como se concretó anteriormente en el (punto 3.6.7.1), de esta investigación respecto al convenio logrado. Se usó el equipo **Haz-Scanner EPAS (modelo HIM-6000)**, de la Universidad Politécnica Salesiana, para el análisis de calidad de aire influenciada por la actividad extractora de material pétreo en el Barrio Cashapamba. Se puede observar el instrumento en la Figura 16.



**Figura 16.** Equipo (Haz-scanner EPAS), modelo HIM-6000

El equipo cuenta con las siguientes características principales: es de fácil transporte y desplegable, registra datos en tiempo real de transmisión (lectura directa portable), es de fácil uso y reporte, tiene una pantalla LCD que permite visualizar lecturas en tiempo real, y puede equiparse con sensores para supervisar simultáneamente (EPA PM10 y PM2.5). Además el instrumento es elaborado en Estados Unidos, conservando los criterios de la EPA respecto a los contaminantes del aire, y está estimado en 15000\$, precio en Ecuador. Las especificaciones del instrumento se pueden valorar en la Tabla 8.

**Tabla 8.** Especificaciones de las cuantificaciones del instrumento (Haz-Scanner Epas) modelo HIM-6000

<b>CUANTIFICACIÓN</b>	<b>ESPECIFICACIONES</b>
MUESTREO	LCD en tiempo real
OPERACIÓN	Conmutador de 4 teclas de membrana
POTENCIA	12-V Absorción Glass Mat batería (AGM) recargable.
MEDIDAS	Max, Min, TWA, STEL
TIEMPO DE GRABACIÓN	1 seg a 21 semanas
FRECUENCIA DE MUESTREO	1 seg, 1 min, 10 min, 1 h, ajustable
ALMACENAMIENTO DE DATOS	454.545 puntos de datos
RANGO DE FLUJO	1,0 a 3,0 L / min
SALIDA DIGITAL	RS-232 (PC), RS-423 (Mac)
PESO	12 libras (5,4 kg)
TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENTO	-4 A 140 F (-20 a 60 ° C)
TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO	-40 A 140 F (-40 a 60° C)
HUMEDAD	95% sin condensación (uso del calentador de admisión)
RADIO MODEM INALÁMBRICO	900 MHz (EE.UU.), hasta 5 millas = 8 km.

(SKC Inc., 2013)

Cabe recalcar que el equipo incluye veleta, y anemómetro, exteriores y que son parte de su sistema. Se utilizó también un casco de uso industrial, una cámara fotográfica para constancia del monitoreo, esferográfico y libreta de apuntes para registrar los datos durante el análisis de calidad de aire.

### **3.6.7.3.- Parámetros para análisis de calidad de aire**

Los doce parámetros de calidad de aire que tiene y midió el equipo (**Haz-Scanner EPAS**), pueden ser observados en la Tabla 9.

**Tabla 9.** Parámetros que mide el equipo Haz-Scanner EPAS (modelo HIM - 6000), para análisis de calidad de aire

PARÁMETROS	UNIDADES
OZONO (O <sub>3</sub> )	ppb (partes por billón)
OXÍGENO	% (porcentaje)
MONÓXIDO DE CARBONO (CO)	ppm (partes por millón)
MATERIAL PARTICULADO (PM <sub>10</sub> )	ug/m <sup>3</sup> (microgramos por metro cúbico)
DIÓXIDO DE CARBONO	ppm (partes por millón)
HUMEDAD RELATIVA	% (porcentaje)
TEMPERATURA	° (grados Celsius)
COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES (COVs)	ppm (partes por millón)
*DIRECCIÓN DEL VIENTO	Según los 360° geográficos, en intervalos
VELOCIDAD DEL VIENTO	k/h (kilómetros por hora)
DIÓXIDO DE AZUFRE (SO <sub>2</sub> )	ppm (partes por millón)
DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO <sub>2</sub> )	ppm (partes por millón)

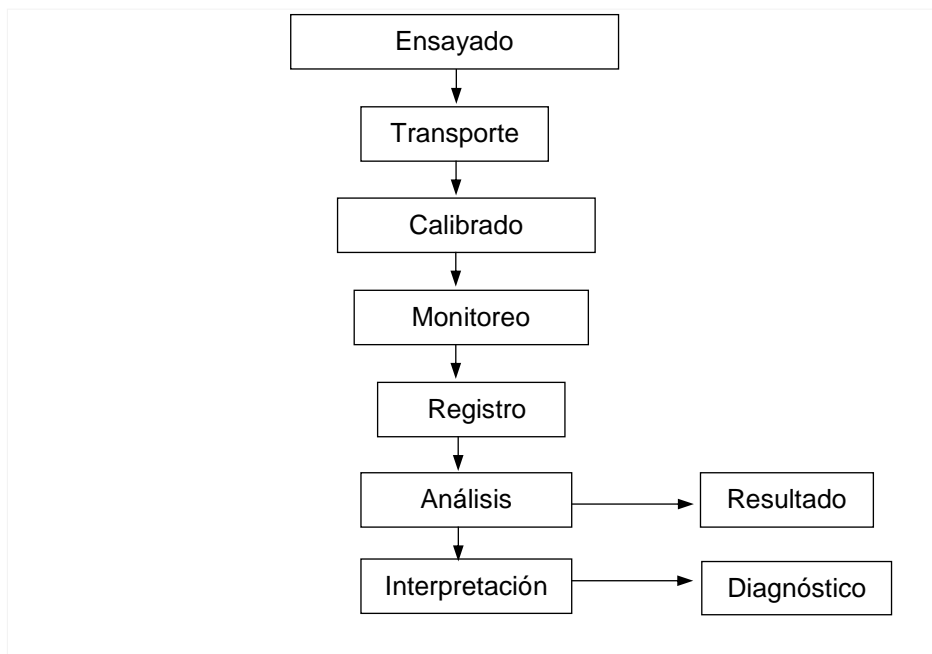
\*La dirección de viento utiliza la escala de estrella de puntos cardinales, como la brújula básica, y se puede leer en un graduador (Rosa de los Vientos)

Para la dirección de viento se utilizó la escala de estrella de puntos cardinales, en la que se *“puede leer en un graduador, cuando el viento se dispara desde la veleta del equipo hacia el otro extremo indicando la dirección del desplazamiento o hacia donde sopla”* (FECYT, 2004).

#### **3.6.7.4.- Método para el muestreo de análisis de calidad de aire**

El método que se utilizó para analizar la calidad de aire fue puntual, es decir que se toma *“en un momento determinado (puntual) y resulta apropiado para caracterizar la calidad del aire en un momento dado para los procedimientos de monitoreo y proveer valores mínimos y/o máximos de los determinados parámetros de control”* (Nava, 2011).

La sistemática consistió en probar el equipo previamente en la Universidad Politécnica Salesiana campus sur-Quito, antes de llevar el instrumento al área in situ de estudio en Cashapamba. Posteriormente se definió un día igualmente laboral para las operaciones mineras que fue acorde a la disponibilidad de tiempo de la Universidad Salesiana. Luego de haber definido la fecha se procedió al transporte del equipo hacia la zona de ensayo, después se calibró el equipo, esto se hace automáticamente encendiendo el instrumento, durante quince minutos en reposo hasta que los sensores se activen, una vez calibrado se procedió a registrar datos en la libreta de apuntes cada 10 minutos durante una hora de muestreo (60 minutos) en cada punto de ensayo. Esto debido a las tendencias que el equipo pueda captar en el lapso del tiempo establecido. Y así interpretar los datos obtenidos comparándolos con el Anexo 4 (Norma de Calidad del Aire Ambiente) del TULSMA, para el cumplimiento de la normativa. Esta metodología fue asesorada técnicamente por el mismo cuerpo docente de la Universidad Salesiana. El diagrama de procesos que se siguió para el análisis de calidad de aire se muestra en la Figura 17.



**Figura 17.** Esquema del proceso de muestreo para análisis de calidad de aire

Además para la determinación del índice de calidad de aire (ICA) para la zona in situ de contaminación donde operan las concesiones mineras, y para el Barrio de Cashapamba donde residen sus habitantes, se utilizó la (TABLA 1) acerca de los límites numéricos de cada categoría del IQCA (Índice Quiteño de Calidad de Aire). En la consecuente Tabla 10, se puede apreciar los límites numéricos de cada categoría del IQCA.

**Tabla 10.** Límites numéricos de cada categoría del IQCA ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

RANGO	CATEGORÍA	(CO) a*	(O <sub>3</sub> ) b*	(NO <sub>x</sub> ) c*	(SO <sub>2</sub> ) d*	(PM <sub>10</sub> ) e*
0 – 50	Nivel deseable	0 – 5000	0 -80	0 -75	0 -175	0 – 50
50 – 100	Nivel aceptable	5001-10000	81-160	76 – 150	176-350	51 – 100
100 – 200	Nivel de precaución	10001-15000	161-300	151 – 1200	351-800	101 – 250
200 – 300	Nivel de alerta	15001-30000	301-600	1201-2300	801-1600	251-400
300 – 400	Nivel de alarma	30001-40000	601-800	2301-3000	1601-2100	401-500
400 – 500	Nivel de emergencia	>40000	>800	> 3000	>2100	>500

\*a. Se refiere a la concentración promedio en ocho horas

\*b. Se refiere a la concentración promedio en una hora de los oxidantes fotoquímicos (ozono)

\*c. Se refiere a la concentración máxima en 24 horas de los óxidos de nitrógeno

\*d. Se refiere a la concentración promedio en 24 horas

\*e. Se refiere a la concentración máximas en 24 horas de material particulado de diámetro aerodinámico menor o igual a 10  $\mu\text{m}$ .

(IQCA-CORPAIRE, 2004)

Mientras que para los rangos, significados, y colores de las categorías del IQCA para determinar la calidad de aire desde el punto de vista salud, se usó la (TABLA 2), del IQCA. En la Tabla 11, se pueden observar los términos asignados a esta variable.



**Tabla 11.** Rangos, significados, y colores de las categorías del IQCA

Rangos	Condición desde el punto de vista salud	Color de identificación
0 – 50	Óptima	Blanco
50 – 100	Buena	Verde
100 – 200	No saludable para individuos extremadamente sensibles (enfermos crónicos y convalecientes)	Gris
200 – 300	No saludable para individuos sensibles (enfermos)	Amarillo
300 – 400	No saludable para la mayoría de la población y peligrosa para individuos sensibles	Naranja
400 – 500	Peligrosa para toda la población	Rojo

(IQCA-CORPAIRE, 2004)

Para la transformación de datos de los resultados respecto a la interpretación en las tablas anteriormente expuestas (Tabla 10 y Tabla 11), se usaron las fórmulas y concentraciones planteadas por la “Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades” de los Estados Unidos; ATSDR (2012), observadas en la Ecuación 2, y son:

$$\begin{aligned}
 1 \text{ mg/m}^3 &= 1,000 \text{ } \mu\text{g/m}^3 \\
 1 \text{ } \mu\text{g/m}^3 &= 1,000 \text{ ng/m}^3 \\
 1 \text{ ng/m}^3 &= 1,000 \text{ pg/m}^3 \\
 1 \text{ ppm} &= 1,000 \text{ ppb}
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

Donde:

Dadas las conversiones para poder convertir una concentración expresada en unidades de ppb a una concentración expresada en unidades de  $\mu\text{g/m}^3$ : multiplicar la concentración (en ppb) por el peso molecular del contaminante (en gramos/moles) y dividir por 24,45 (ATSDR, 2012).

De esta manera en acorde a la Tabla 10, se convirtió únicamente los contaminantes de: **(CO)**, **(O3)** y **(SO2)**. Que el equipo Haz Scanner Epas (HIM-6000), leyó de la siguiente manera: Para (CO) en ppm, y para (O3) y (SO2) en ppb. Mientras que para **(PM10)** el instrumento leyó directamente en ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Finalmente para el restante contaminante **(NO<sub>2</sub>)**, en los dos puntos de ensayo el equipo no leyó dando valores de 0 en el periodo de una hora de muestreo con tendencias en registros de cada 10 minutos, es decir para los 6 registros del contaminante (NOx), en los dos ensayos resulto 0, por lo cual no resultó necesaria la transformación de datos para determinar el ICA (Índice de Calidad de Aire). Cabe recalcar que las medidas que se monitorearon por medio del instrumento (Haz-Scanner Epas, modelo HIM-6000), no necesitaron ser corregidas según el título 4.1.2.3 de la Norma Ecuatoriana de Calidad del Aire Ambiente, establecida en el Libro VI, Anexo 4 del TULSMA (2003).

Ya que el instrumento mide las concentraciones de los contaminantes en tiempo real considerando la presión atmosférica y temperatura local in situ donde se realizó el monitoreo. Por ello el equipo previo al registro de mediciones por medio de sus sensores, se calibra automáticamente durante 15 minutos para adaptarse a las mencionadas consideraciones de los valores corregidos.

Así en base a los criterios expuestos en este apartado tomando como referencia las tablas del IQCA (2004), la Norma Ecuatoriana de Calidad del Aire Ambiente, establecida en el Libro VI, Anexo 4 del TULSMA (2003), y las transformaciones de datos de en base a las concentraciones y fórmulas expuestas por la ATSDR (2012), para interpretar el ICA. Se Definió de esa forma si la calidad de aire es aceptable desde el punto de vista salud, para los trabajadores de las concesiones mineras y para los habitantes de Cashapamba.

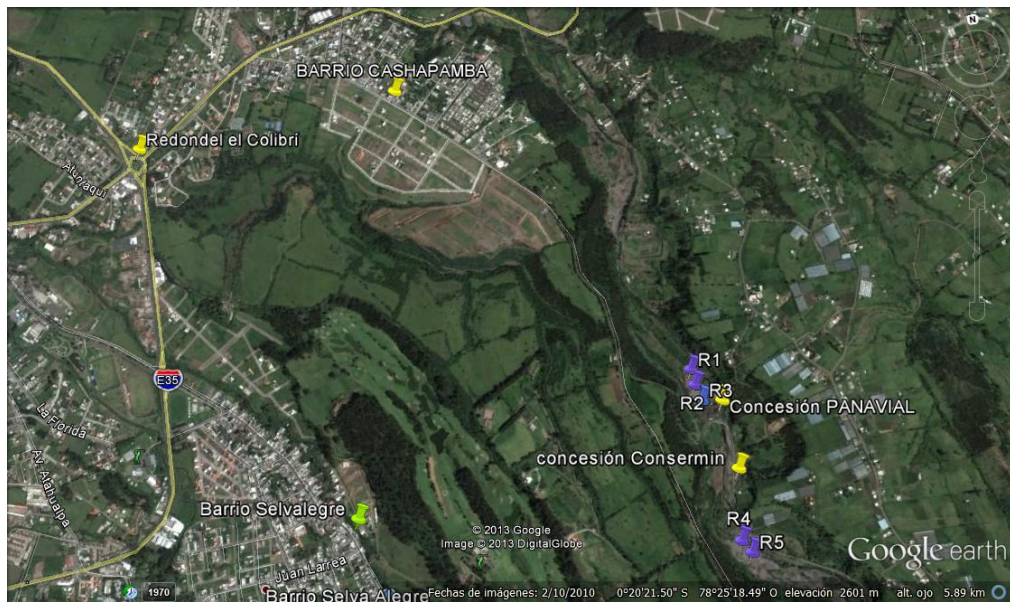
### **3.6.8.- CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DE RUIDO AMBIENTAL**

Para el análisis de ruido ambiental fue necesario identificar las fuentes de contaminación acústica que se producen por la extracción de los materiales pétreos y su explotación. Para ello también se definió compara los resultados obtenidos con la normativa ambiental para el medio acústico. La sistemática que se siguió para este análisis fue el siguiente.

#### **3.6.8.1.- Planteamiento del muestreo para análisis de ruido ambiental**

Se planeó en primera instancia identificar los puntos de contaminación acústica una vez conocido los procesos que se desarrollan in situ por la actividad minera, es decir las fuentes fijas de ruido y estas fueron; la planta trituradora y su generador, la planta asfáltica y su generador; y la planta de hormigón. Dando un total de 5 puntos de muestreo. Posteriormente se definió comparar los resultados con la norma vigente, midiéndolos con el uso del sonómetro de la Dirección de Protección Ambiental del GADMUR, juntamente con el apoyo de dos Técnicos Ambientales. Para interpretar los insumos obtenidos en el siguiente capítulo.

Para el análisis de ruido ambiental, previo a ejecutar el monitoreo para su determinación y caracterización, también se planeó utilizar el instrumento **GPS** de la DPA del GADMUR y la herramienta virtual **Google Earth (2013)**, para identificar la ubicación y coordenadas UTM, geo-referenciadas donde se realizaron los ensayos y así registrar la posición geográfica. En la Figura 18, se observa extensamente los cinco puntos de muestreo planificados para el análisis de ruido ambiental.



**Figura 18.** Representación general de los cinco puntos de muestreo para análisis de ruido ambiental

(Google Earth, 2013)

En la exhibida Figura 18, se observa con puntos de anclaje de color morado y con letras en mayúsculas enumeradas de (R1 a R5) los cinco puntos de muestreo que se realizó para análisis de ruido ambiental, donde: **1) R1** es la planta asfáltica.; **2) R2** es el Generador de la planta asfáltica.; **3) R3** es la planta de Hormigón.; **4) R4** es la planta trituradora.; y **5) R5** es el generador de la plata trituradora. Además se observa la distancia equidistante que hay hasta el Barrio Cashapamba, con punto de anclaje de color amarillo.

### 3.6.8.2.- Equipo y materiales para el muestreo de análisis de ruido ambiental

Para el análisis de ruido ambiental, se utilizó el sonómetro **Quest Model-2900** de la Dirección de protección Ambiental, equipo acreditado y calibrado para su uso; y que puede ser apreciado en la Figura 19.



**Figura 19.** Equipo Quest (model-2900)

Además de este instrumento se usó casco de uso industrial, botas puntas de acero para el acceso y protección a las fuentes de contaminación acústica, se usó también una libreta de apuntes, un esferográfico, y cámara digital fotográfica para el registro de los datos obtenidos.

### **3.6.8.3.- Parámetros para análisis de ruido ambiental**

El único parámetro que se usó para medir ruido ambiental en el lugar in situ de las concesiones mineras fue el **Decibel [dB(A)]**, que según el Anexo 5 del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente es *“la unidad adimensional utilizada para expresar el logaritmo de la razón entre una cantidad medida y una cantidad de referencia. El decibel es utilizado para describir niveles de presión, de potencia o de intensidad sonora”*.

Tomando en cuenta esa definición se procedió a realizar el correspondiente análisis considerando la zona según el uso de suelo (industrial), y de frecuencia alta.

#### **3.6.8.4.- Método para el muestreo de análisis de ruido ambiental**

La técnica se sustentó en el título **(4.1.2)**, que trata sobre la medición de niveles de ruido producidos por una fuente fija, del Anexo 5, Libro VI del TULSMA (2003), en la que para la medición de la fuente de contaminación acústica se debe *“colocar el micrófono del instrumento de medición a una altura entre 1,0 y 1,5 m del suelo, y a una distancia de por lo menos tres metros de las paredes de edificios o estructuras que puedan reflejar el sonido. Además el sonómetro no deberá estar expuesto a vibraciones mecánicas, y en caso de existir vientos fuertes, se deberá utilizar una pantalla protectora en el micrófono del instrumento”*.

Además se consideró que fueron mediciones de Ruido Estable, en las que se dirige el instrumento de medición hacia la fuente y se determinará el nivel de presión sonora equivalente durante un período de 1 (un) minuto de medición en el punto seleccionado (TULSMA, Anexo5, 2003)

De esta manera haciendo caso omiso a las reglas ambientales para el muestreo, se midió juntamente con las Técnicas (funcionarias públicas) de la Dirección de Protección Ambiental del GADMUR, cinco mediciones simultáneas sobre las cinco fuentes fijas de contaminación acústica. Para probar si estos son o no tolerables acorde al cumplimiento de la normativa, en la Tabla 12, se muestra los límites máximos permisibles de ruido ambiental para las concesiones mineras según el uso del tipo de suelo (industrial).

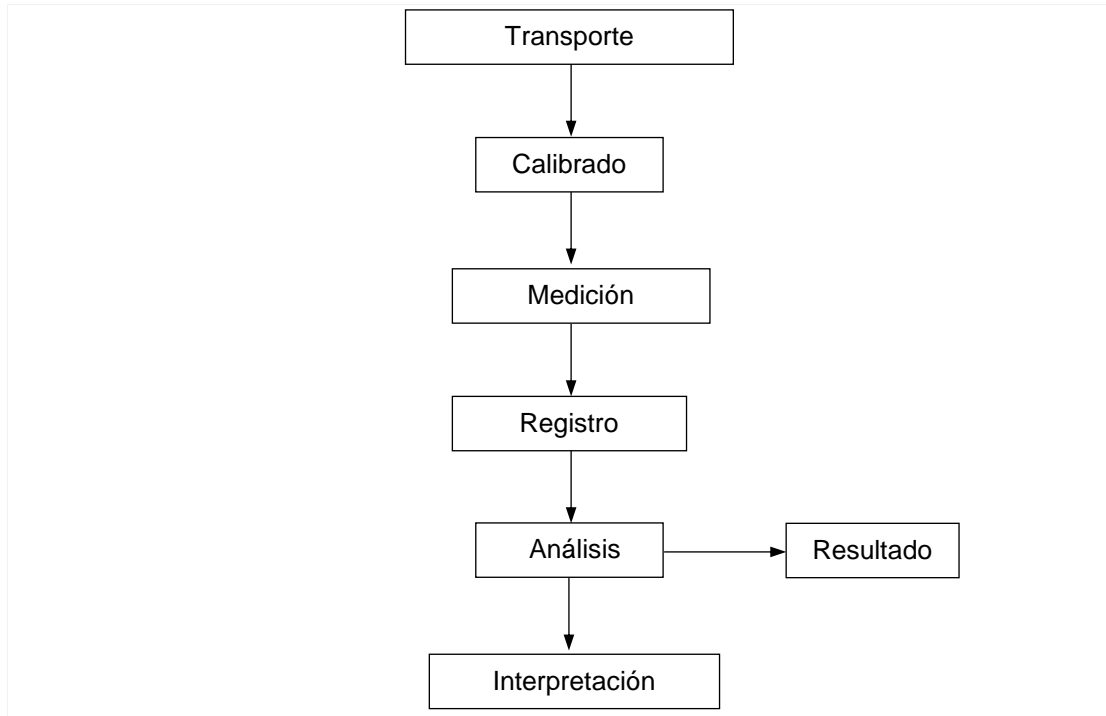
**Tabla 12.** Límites máximos permisibles de ruido ambiental

TIPO DE ZONA SEGÚN USO DE SUELO	NIVEL DE PRESIÓN SONORA EQUIVALENTE NPS eq [dB(A)*]	
	DE 06H00 A 20H00	DE 20H00 A 06H00
	Zona Industrial	70

\*dB(A)\*: ponderación con escala A, para niveles bajos de presión sonora, Ruidos de fondo (título 4.1.1.1 del Anexo 5, Libro VI, del TULSMA)

(TULSMA, Anexo 5, 2003).

La técnica efectuada se puede observar en la Figura 20, que indica el diagrama de procesos que se siguió para el análisis de ruido ambiental.



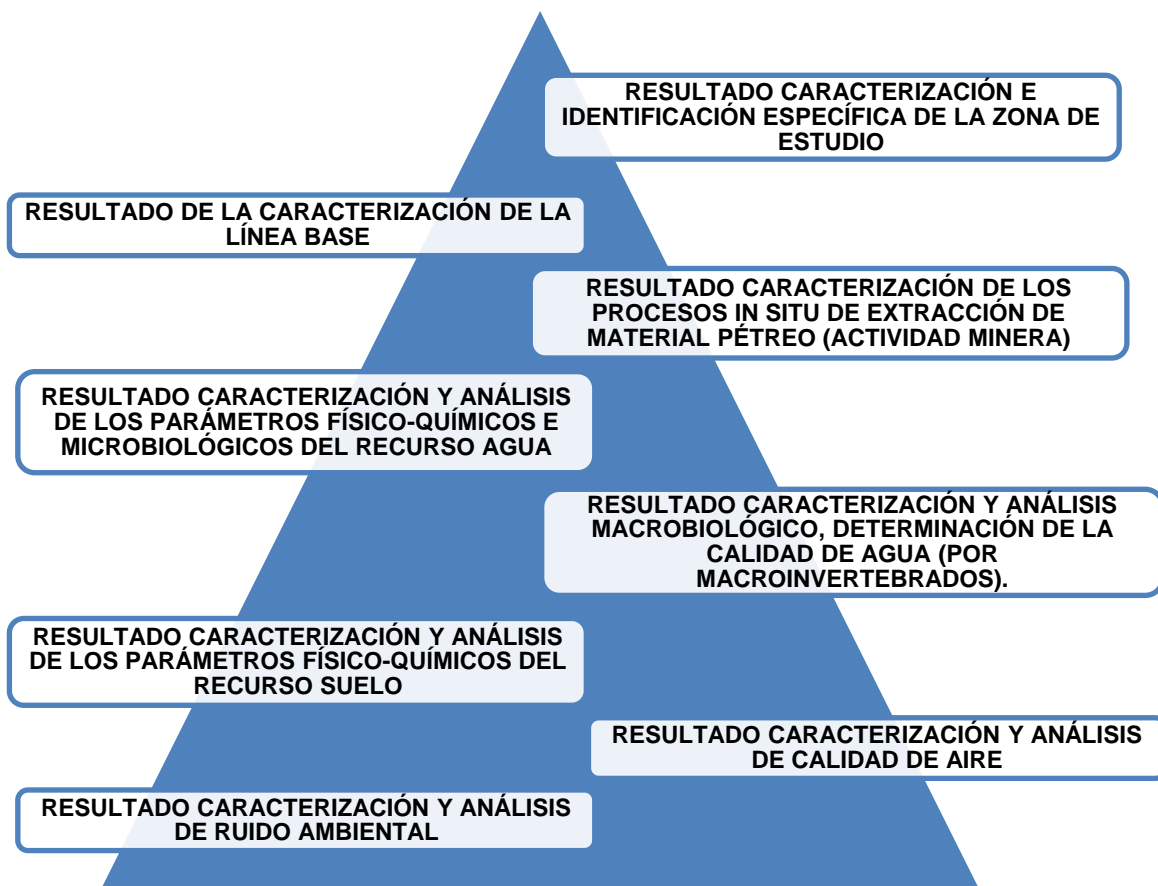
**Figura 20.** Esquema del proceso de muestreo para análisis de ruido ambiental

## **4.- Resultados y Discusión**



## 4.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación en la Figura 21, se explica el orden de presentación de los resultados y discusiones acorde al contexto y disposición del procedimiento de la metodología de estudio.



**Figura 21.** Orden de presentación de los resultados y discusiones

### 4.1.- RESULTADO CARACTERIZACIÓN E IDENTIFICACIÓN ESPECÍFICA DE LA ZONA DE ESTUDIO

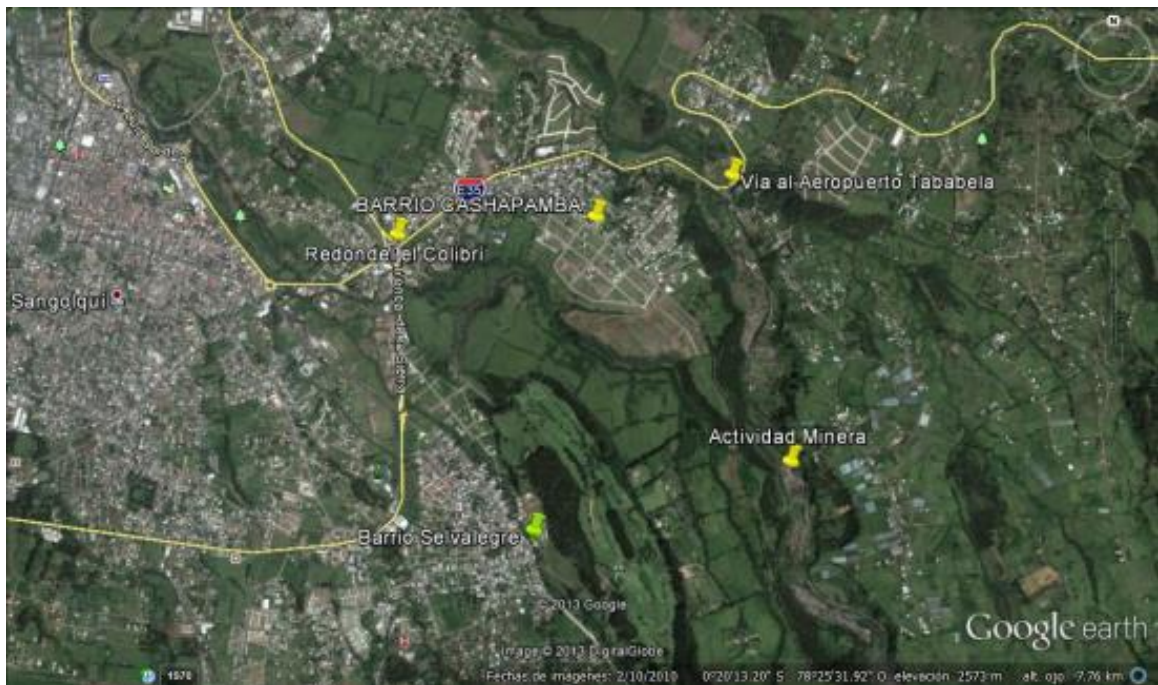
El área in situ del estudio (Barrio de Cashapamba) se llevó a cabo en la Provincia de Pichincha, cantón Rumiñahui, parroquia de Sangolquí y el Sendero Rumibosque que apoyo al estudio como línea base de investigación para la

comparación de los factores ambientales afectados antropogénicamente con las condiciones normales, mismo sendero que conduce el cauce del Río Pita, del cual se extraen los recursos naturales e igual sendero ubicado en el límite del Barrio Cashapamba compartido con el inmediato Barrio de Loreto. El Barrio Cashapamba es una expansión urbana destinada a la vivienda, según el (Plan de desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Rumiñahui 2012-2025), el Barrio tiene 1698 habitantes según el último censo INEC (2010) y cuenta con una superficie terrestre de 22,8 hectáreas.

Sin embargo hay industrias dedicadas a la minería de libre aprovechamiento, y de libre comercialización en las canteras que lo bordean. Cashapamba es un centro poblado, con un código de región de (Americas-Western Europe). Se encuentra a una altitud de 2,605 metros sobre el nivel del mar, registrada con el GPS de la Dirección de protección Ambiental del GADMUR. En base a datos recogidos del programa Google Earth (2013) y del GPS de la DPA del GADMUR, se muestra en la en la Tabla 13 y Figura 22, la ubicación y coordenadas UTM geo-referenciadas obtenidas del Barrio Cashapamba donde se realizó el estudio.

**Tabla 13.** Coordenadas Barrio Cashapamba

<b>COORDENADAS UTM (Zona 17M)</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>ALTURA</b>
Cashapamba	0788797	9960431	2605 m.s.n.m



**Figura 22.** Ubicación del Barrio Cashapamba

(Google Earth, 2013)

Cashapamba, además se da a conocer a nivel mundial según manifiesta la base de datos Get a Map (2013), con posición satelital como El Pugru, (Hacienda El Pugru), sus coordenadas son 0°21'0" N y 78°33'0" E en formato DMS (grados, minutos, segundos) o -0.35 y -78.55 (en grados decimales). Su posición UTM es QV76 y su referencia Joint Operation Graphics es SA17-04. La zona horaria de Cashapamba es UTC/GMT-5. En cuanto al Sendero Rumibosque es una ruta, señalizada, que pasa por las sendas montañosas y caminos rurales de los Barrios Loreto y Cashapamba, haciendo de este una travesía deportiva y de recreación. Esta se especificará con mayor detalle en la caracterización de la línea base.

Finalmente se presenta en el mapa # 1, ver **(Anexo 2)**, la temática donde se puntualiza la diligencia minera que existe en la jurisdicción del cantón Rumiñahui, es decir la actividad minera en sí sobre el territorio cantonal.

## 4.2.- RESULTADO DE LA CARACTERIZACIÓN DE LA LÍNEA BASE

La línea base el “Sendero Rumibosque”, determinada por el asesoramiento de Técnicos del GADMUR, de la Dirección de Planificación, donde se compararon los factores ambientales bióticos y abióticos en condiciones normales con las condiciones antropogénicas, tuvo la siguiente ubicación y coordenadas UTM geo-referenciadas observadas en la Tabla 14 y Figura 23.

**Tabla 14.** Coordenadas del Sendero Rumibosque

COORDENADAS UTM (Zona 17M)	X	Y	ALTURA
Punto Inicial (1) “Sendero Rumibosque”	0789571	9956635	2750 m.s.n.m.



**Figura 23.** Ubicación del Sendero Rumibosque.

(Google Earth, 2013)

En la expuesta Figura 23, se identifica la ubicación del Sendero Rumibosque con punto de anclaje de color rojo, y con nombre Punto inicial (1), mediante la herramienta de posicionamiento geográfico de Google Earth (2013), además las fotografías tomadas in situ por medio de la investigación efectuada, se aprecian en el **(Anexo 3)**.

También el Sendero Rumibosque es un atractivo turístico por su belleza paisajística, las cascadas en el cauce limpio del río Pita, la tranquilidad en armonía del entorno natural, y como lugar recreativo para compartir en contacto con el ambiente. Está ubicado en la provincia de Pichincha, cantón Rumiñahui, parroquia de Sangolquí entre los límites del Barrio Cashapamba y el Barrio Loreto a 2750 m.s.n.m. El tipo de ecosistema determinado según manifiestan Aguirre y Josse (2013), en el sistema de clasificación de ecosistemas del Ecuador Continental del MAE, es un **“ecosistema arbustal siempreverde montano del norte de los Andes”**. Caracterizado generalmente como *“Matorral húmedo montano, sector norte y centro de los valles interandinos, subregión norte y centro”* (Valencia, 1999). Se define como *“un ecosistema discontinuo ubicado en quebradas y áreas de difícil acceso con pendientes de hasta 60°”*. Se encuentra en las vertientes internas y laderas occidentales montañosas húmedas de la cordillera de los Andes.

Se caracteriza por estar compuesta de vegetación sucesional, donde los bosques montanos han sido sustituidos por cultivos entre los cuales quedan estos remanentes formados por una vegetación arbustiva alta de dosel muy abierto de aproximadamente 5 m y sotobosque arbustivo hasta 2 m, compuesta de un conjunto característico de especies andinas, como las espinosas. La composición florística no muestra diferencias entre los arbustales montanos de la cordillera oriental y los de la cordillera occidental de los Andes (Aguirre & Josse, 2013).

En la Figura 24, se muestra la ubicación de los ecosistemas de tipo “*arbustal siempreverde montano del norte de los Andes*”, con puntos sombreados de color rojo sobre el territorio ecuatoriano. Y donde se encuentra formando parte el **Sendero Rumibosque** para el diagnóstico de este estudio.



**Figura 24.** Ubicación de los ecosistemas de tipo arbustal siempreverde montano del norte de los Andes

(Aguirre & Josse, 2013),

Sistema de clasificación de ecosistemas del Ecuador Continental del MAE, 2013

La referencia geográfica más acertada para el “**Sendero Rumibosque**”, expresan Aguirre y Josse (2013), que son las Quebradas de Quito, vía Pifo-Papallacta, ya que Pifo se encuentra al límite Este (E) del Sendero Rumibosque a pocos Kilómetros, por ello este tipo de ecosistema descrito es el más apropiado como insumo de la investigación. En la Tabla 15, se presentan los factores diagnósticos bióticos y abióticos del ecosistema arbustal siempreverde montano del norte de los Andes, con su respectiva descripción.

**Tabla 15.** Factores diagnósticos del ecosistema arbustal siempreverde montano del norte de los Andes.

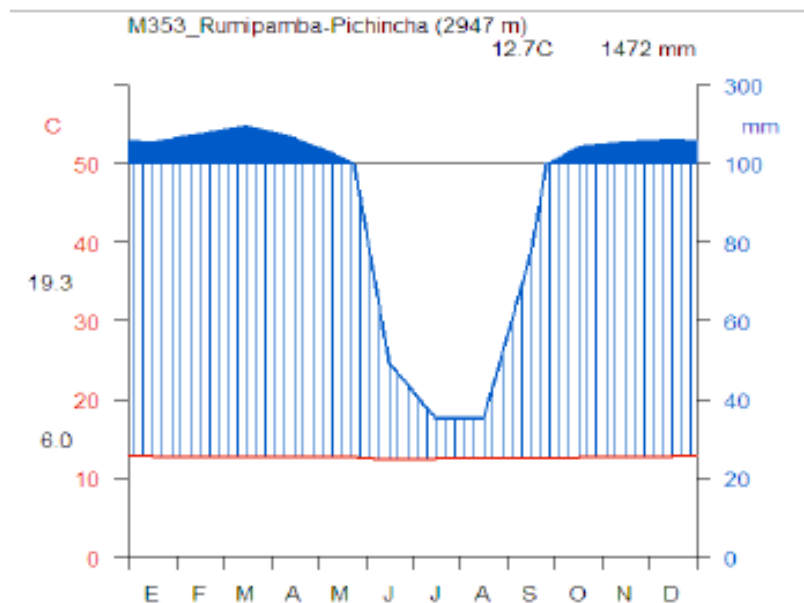
FACTOR DIAGNÓSTICO	DESCRIPCIÓN
Fisonomía	Arbustiva y herbácea
Bioclima	Pluviestacional, Ombrotipo (lo): húmedo
Biogeografía	Región: Andes, Provincia: Andes del Norte
Fenología	Siempreverde
Piso Bioclimático	Montano (2000-3100 msnm), Termotipos (It): mesotropical
Geoforma	Relieve general: De montaña, Macrorelieve: Cordillera, Valle Glaciar, Mesorelieve: Relieve Montañoso, Terrazas, Llanura subglaciar
Inundabilidad General	Régimen de Inundación: no inundable

(Aguirre & Josse, 2013),

Sistema de clasificación de ecosistemas del Ecuador Continental del MAE, 2013

En la Tabla 15 exhibida, se exponen los factores diagnóstico, donde: la **fisonomía** se refiere al aspecto en particular de las plantas dentro del ecosistema y se determinó una apariencia Arbustiva y herbácea.; para el **bioclima** se refiere al tipo de clima que pueden distinguirse atendiendo a los factores que afectan a los seres vivos, y se encontró que es pluviestacional, Ombrotipo húmedo, es ombrotipo debido a las precipitaciones de las determinadas comunidades vegetales o especies del ecosistema identificado (Rivas, 2007).; Para la **biogeografía** se refiere a la distribución de los seres vivos sobre la Tierra y se determinó en la Región Andes, Provincia Andes del Norte.; para la **fenología** se reseña en el estudio de la relación entre los factores climáticos y los ciclos de los seres vivos encontrando así una fenología

siempreverde.; para el **piso bioclimático** hace relato a cada uno de los espacios que se suceden latitudinalmente, con las consiguientes variaciones de temperatura, y se determinó que es Montano (2000-3100 msnm), Termotipo mesotropical.; para la **geofoma** se refiere a la forma de la superficie del terreno y se fijó que su relieve general, es de montaña, su macrorrelieve es cordillera de valle glaciar, su mesorelieve es relieve montañoso, de terrazas con llanuras subglaciares.; y finalmente para **inundabilidad general** presenta un régimen no inundable, ya que se encuentran en quebradas y senderos con canales hídricos, donde circulan los cuerpos de agua libremente. Además para la interpretación en la Tabla 15, expuesta, es necesario presentar la Figura 25, que es el diagrama de Temperatura vs. Precipitación del ecosistema arbustal siempreverde montano del norte de los Andes, que manifiestan Aguirre y Josse (2013), cuya interpretación sirvió para la determinación de los factores y especies diagnóstico.



**Figura 25.** Diagrama de Temperatura vs. Precipitación del ecosistema arbustal siempreverde montano del norte de los Andes

(Aguirre & Josse, 2013),

Sistema de clasificación de ecosistemas del Ecuador Continental del MAE, 2013



En el diagrama de Temperatura vs. Precipitación del ecosistema arbustal siempreverde montano del norte de los Andes, de la Figura 25 expuesta, presenta una mayor temperatura con precipitaciones bajas para los meses de junio, julio y agosto que es donde tenemos la época de verano. Mientras que temperaturas bajas con precipitaciones altas tenemos desde el mes de septiembre hasta mayo, meses consecuentes al periodo de lluvias e invierno en la región Sierra Andina del norte.

En cuanto a las especies diagnósticas por Aguirre y Josse (2013) y que se hallan en el Sendero Rumibosque son: "*Arcytophyllum nitidum*, *Barnadesia arborea*, *Bocconia integrifolia*, *Berberis grandiflora*, *B. hallii*, *Cavendishia bracteata*, *Cestrum tomentosum*, *Coriaria ruscifolia*, *Duranta triacantha*, *Escallonia micrantha*, *Gaultheria alnifolia*, *Mimosa quitensis*, *Solanum crinitipes*, *S. nigrescens*, *Hesperomeles ferruginea*, *H. obtusifolia*, *Oreopanax andreanus*, *O. ecuadorensis*, *Symplocos carmencitae*, *S. quitensis*, *Vallea stipularis*". En la Figura 26, se puede observar una vista panorámica del ecosistema arbustal siempreverde montano del norte de los Andes, donde se determinaron las especies y factores diagnóstico para el Sendero Rumibosque.



**Figura 26.** Ecosistema arbustal siempreverde montano del norte de los Andes

De esta forma se ha caracterizado la línea base ecosistémica del Sendero Rumibosque, en condiciones normales, para así proceder a los resultados de los análisis y caracterización de los factores ambientales bióticos y abióticos con su respectiva comparación con las condiciones antropogénicas.

### **4.3.- RESULTADO CARACTERIZACIÓN DE LA DILIGENCIA Y PROCESOS IN SITU DE EXTRACCIÓN DE MATERIAL PÉTREO (ACTIVIDAD MINERA)**

Para la caracterización de los procesos in situ donde se desarrolla la actividad extractora de material pétreo se representa de la siguiente forma:

- Concesiones en funcionamiento.;
- Área y uso de extracción y explotación de material pétreo (actividad minera); y
- Identificación y descripción de los procesos.

#### **4.3.1.- CONCESIONES EN FUNCIONAMIENTO**

Gracias a la copia del mapa otorgado por la DPA del GADMUR, que se observa en el **(Anexo 4)**, donde se observa el diagnóstico general de las concesiones mineras que operan en el Cantón; y también en base a visitas in situ de campo donde se desarrolla la actividad se identificaron 8 concesiones, de las cuales:

- i) 3 autónomas.; y
- ii) 5 arrendatarios., Y son.

##### **4.3.1.1.- Concesiones autónomas**

Las concesiones mineras autónomas identificadas en el área in situ de estudio son: **1)** Panavial S.A. - H.C.C.; **2)** Consermín S.A.; y **3)** Piedra Dorada. Y se detallan a continuación:

## 1) Panavial S.A. - H.C.C.

Es la empresa fusionada entre (Panamericana vial S.A. y Herdoíza Crespo Construcciones), y la más importante del área de estudio, esta empresa es considerada una de las más importantes del país por su gran aporte en obras e infraestructura; vías, puentes, etcétera. El sitio web de la página oficial de esta concesión es: <http://panavial.com/concesion-administracion-red-autopistas-vias-carreteras-panamericana-vial-ecuador.php>., Panavial *“inició sus operaciones en el año de 1996 en el gobierno del Arq. Sixto Durán Ballén; desde ese entonces se encargó de la rehabilitación, mantenimiento y prestación de servicios viales de la carretera Panamericana”*. Además la empresa es orgullosamente ecuatoriana y su socio es *“Herdoiza Crespo Construcciones S.A, empresa líder en la construcción de carreteras, puentes, aeropuertos, centrales hidroeléctricas y plataformas petroleras, con una extensa experiencia en Ecuador y en Centro América”* (Panavial S.A., & Herdoiza Crespo Construcciones S.A. 2013).

En la Figura 27 se muestra el logotipo de la empresa Panavial S.A.-H.C.C.



**Figura 27.** Logotipo concesión minera Panavial-H.C.C., (Panamericana vial S.A.- Herdoíza Crespo Construcciones)

(Panavial S.A., & Herdoiza Crespo Construcciones S.A. 2013).

## 2) Consermín S.A.

Es la segunda concesión más importante en la zona de estudio (construcciones y servicios de minería S.A.), es una empresa constructora fundada en el año de 1991 y dedicada a la construcción de carreteras, puentes, edificaciones, canales de conducción, instalación de tubería, montajes industriales, producción de agregados pétreos, obras marinas entre otras (Consermin, 2013) El sitio oficial o página web de esta concesión es: <http://www.consermin.com.ec/>. En la Figura 28, se muestra el logotipo de la concesión Consermin S.A.



**Figura 28.** Logotipo concesión minera Consermin (construcciones y servicios de minería S.A.)

(Consermin S.A., 2013)

## 3) Piedra Dorada

Finalmente la concesión piedra dorada, es la tercera concesión más grande con influencia en este estudio. Y que se encuentra en disolución por su actual administración, esta concesión no posee su página o sitio oficial web, pero sin embargo explota grandes extensiones de terreno en la zona in situ de estudio como se muestra en el expuesto mapa de diagnóstico general del **(Anexo 4)**.

### 4.3.1.2.- Arrendatarios

En cuanto a concesiones arrendatarias del Municipio de Rumiñahui se identificaron cinco concesiones que se pueden ver en el mapa de diagnóstico general del **(Anexo 4)**, y con los siguientes nombres:

- 1) Santa teresita Pmenantlas.
- 2) Danny I y II.
- 3) Milarica.
- 4) Santa Lucia I y II.
- 5) Naranjo López Construcciones.

Cabe recalcar que en el mapa del **(Anexo 4)**, las concesiones marcadas con Municipio Cantón Rumiñahui en su mayoría ya fueron vendidas y adquiridas por las empresas Panavial S.A.-H.C.C., y Consermin S.A., según manifiesta el Ingeniero Luis Tapia, Gerente de producción de la concesión Panavial. Sin embargo el GADMUR puede hacer uso de estos bienes para su conveniencia, respecto a obras e infraestructura para el desarrollo del Cantón en acuerdo con las 9 concesiones por convenio interinstitucional, mencionadas en esta investigación (GADMUR, 2013).

#### **4.3.2.- ÁREA Y USO DE EXTRACCIÓN Y EXPLOTACIÓN DE MATERIAL PÉTREO (ACTIVIDAD MINERA)**

El área de explotación y extracción de materiales pétreo, en sí de la actividad minera corresponde a 8 km<sup>2</sup> de extensión. Manifiesta Tapia (2013), gerente de producción de la Concesión Panavial-H.C.C., que el tiempo programado de las actividades desde su inicio en el 2008 son de 30 años de trabajo, han transcurrido 5 años y faltan aún 25 años de labores por parte de las concesiones mineras y en acuerdo con el contrato establecido con el Estado, es decir que el Ecuador optará por seguir extrayendo y explotando recursos de libre aprovechamiento para el progreso del país. Un panorama general del área de explotación y extracción de material pétreo, se observa en la Figura 29, con línea gruesa sombreada de color negro sobre el cauce del río Pita, la extensión de la actividad minera.



**Figura 29.** Área de explotación y extracción de material pétreo (actividad minera)

(Google Earth, 2013)

Actualmente de los 8 km<sup>2</sup> de explotación y extracción del material, 400 metros cuadrados son de libre aprovechamiento para el Estado Ecuatoriano, y las concesiones trabajan en acuerdo con el Gobierno para el desarrollo de obras, con la finalidad de que ambas partes resulten beneficiadas (Tapia, 2013).

#### **4.3.3.- IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS**

Dentro de la identificación y descripción de los procesos se representó lo siguiente:

- Tipo de minería que se desarrolla.;
- Plantas de procesamiento.;
- Proceso en general de extracción y explotación de material pétreo.;
- seguridad y salud ocupacional.;
- Medios de compensación para la contaminación ambiental., Y se detallan del siguiente modo.

#### **4.3.3.1.- Tipo de minería que se desarrolla**

En el recorrido realizado por las instalaciones del área de explotación y extracción de material pétreo, el Ingeniero Tapia, gerente de la concesión Panavial manifiesta que el tipo de minería que se desarrolla sobre el cauce del río Pita en el Barrio Cashapamba, Cantón Rumiñahui es **Minería Aluvial** (Tapia, 2013).

La minería aluvial, según manifiesta Peña (2003), se refiere a *“las actividades y operaciones mineras avanzadas en riberas o cauces de los ríos; y también se emplean métodos de minería aluvial para la extracción de minerales y materiales en terrazas aluviales”*.

En Cashapamba la minería aluvial, funciona a través de material extraído del río Pita y de las canteras que lo bordean. Además el tipo de roca que se extrae es roca magmática de origen ígneo o volcánico que se han solidificado con el paso del tiempo (Tapia, 2013). En el **(Anexo 5)**, se observan las fotografías tomadas in situ sobre el tipo de minería que se desarrolla en el área de estudio, en el Barrio Cashapamba, del Cantón Rumiñahui.

#### **4.3.3.2.- Plantas de procesamiento**

Las tres plantas de procesamiento que se definen a continuación, son con las que cuenta la empresa Panavial S.A. Herdoíza Crespo Construcciones, siendo la mayor empresa de explotación y extracción de material pétreo en la zona de estudio. Y donde se realizó la primera visita in situ para conocer los procesos de la empresa. Las plantas de procesamiento son: **1)** planta trituradora.; **2)** planta de hormigón.; y **3)** planta de asfalto. Y se detallan a continuación

## 1) Planta Trituradora

Según Cortés y Guillén (2010), la trituración generalmente es “*una operación en seco y normalmente se realiza en dos o tres etapas. Los trozos de mena extraídos de la mina pueden ser tan grandes como 1.5 m y estos son reducidos en la etapa de trituración primaria hasta un diámetro de entre 10-20 cm en máquinas trituradoras de trabajo pesado*” (Cortés & Guillén, 2010). En La Figura 30, se observa la planta trituradora de la empresa Panavial S.A.- H.C.C.



**Figura 30.** Planta trituradora de la empresa Panavial S.A.- H.C.C.

Además en el **(Anexo 6)**, se observan más fotografías tomadas in situ sobre la planta trituradora que opera en el área de estudio, en el Barrio Cashapamba, del Cantón Rumiñahui.

## 2) Planta de Hormigón

**La Planta de hormigón** es “*una instalación utilizada para la fabricación del hormigón a partir de la materia prima que lo compone: árido, cemento y agua*” (Wikipedia, 2013). En La Figura 31, se muestra la planta de hormigón de la empresa Panavial S.A.- H.C.C.





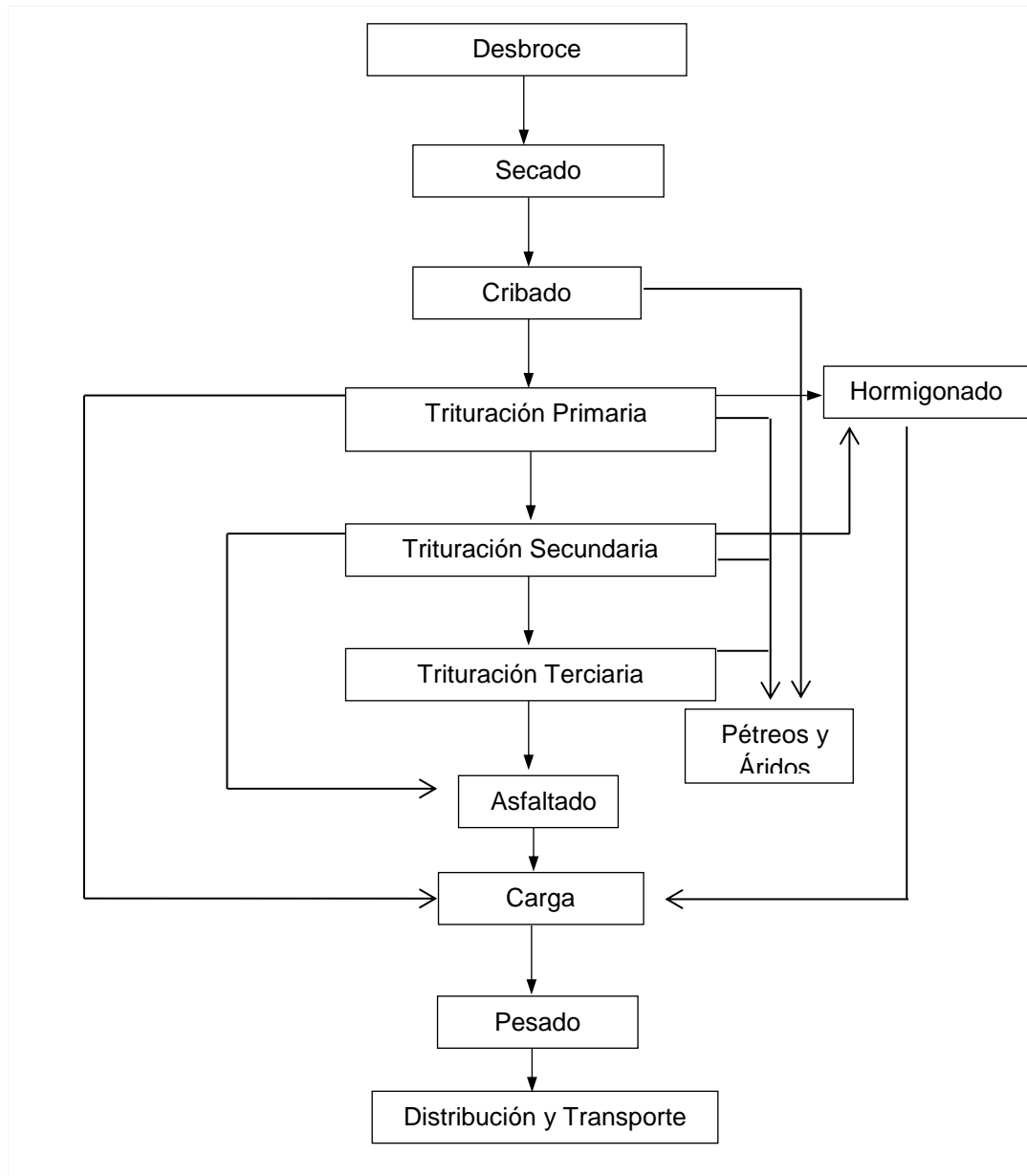
**Figura 31.** Planta de hormigón de la empresa Panavial S.A.- H.C.C.

### **3) Planta de Asfalto**

Según la corporación Alemana Terex (2013), una planta de asfalto es “*un conjunto de equipos mecánicos y electrónicos en donde los agregados son combinados, calentados, secados y mezclados con asfalto para producir una mezcla asfáltica en caliente (a grandes temperaturas)*”, que debe cumplir con ciertas especificaciones y que se utilizan para la construcción de superficies de rodamiento. En el **(Anexo 7)**, se observan fotografías tomadas in situ sobre la planta de asfalto que opera en el área de estudio, en el Barrio Cashapamba, del Cantón Rumiñahui.

#### **4.3.3.3.- Proceso en general de extracción y explotación de material pétreo**

Para conocer el proceso en general de extracción y explotación de material pétreo (actividad minera), fue necesario realizar el diagrama de flujo de los procesos que se manifiestan en la concesión Panavial y se observa dicho esquema en la Figura 32.



**Figura 32.** Esquema del proceso en general de extracción y explotación de material pétreo (actividad minera).

En la Figura 32 exhibida, se observa de manera genérica el diagrama de flujo de los procesos identificados en la concesión Panavial S.A.- H.C.C., donde para su descripción se nombró los procesos de la siguiente manera:

- 1) Desbroce;
- 2) Secado;
- 3) Cribado;
- 4) Trituración primaria;
- 5) Trituración secundaria;
- 6) Trituración terciaria;
- 7) Hormigonado;
- 8) Asfaltado;
- 9) Carga;
- 10) Pesado; y
- 11) Distribución y Transporte., Y se especifican a continuación.

### 1) Desbroce

El desbroce se realiza en el cauce del río Pita y en las canteras que lo bordean, es decir se extrae material removiendo de los bancos o yacimientos de las rocas magmáticas (Tapia, 2013). Como se observa en la Figura 33, el desbroce en canteras.



**Figura 33.** Desbroce en canteras

Mientras que para el desbroce en el cauce del río Pita se muestra la Figura 34.



**Figura 34.** Desbroce en el cauce del río Pita

## 2) Secado

Una vez removido el material, se procede al secado, este proceso dura de 3 semanas hasta 2 meses según la porosidad adquirida del material, dejándolo en reposo a temperatura ambiente sobre terrenos destinados a este proceso (Tapia, 2013). En la Figura 35, se observa el secado de material sobre los terrenos de la empresa Panavial S.A.- H.C.C.



**Figura 35.** Secado de material.

### 3) Cribado

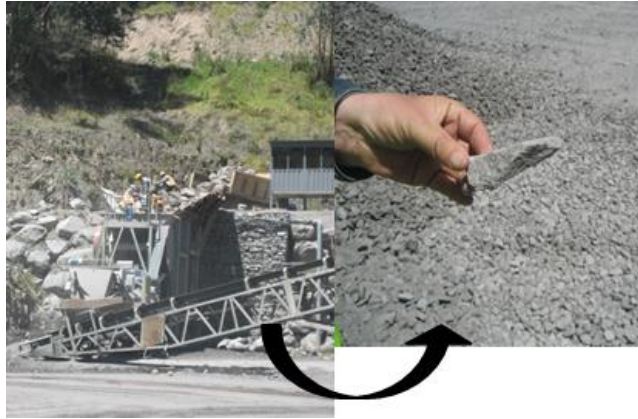
Posteriormente el material es cribado, es decir se clasifica el material, permitiendo hacer una separación por tamaños del mineral mediante una criba, la cual deja pasar los granos de dimensiones inferiores a su abertura, mientras los granos de dimensiones superiores son retenidos y evacuados separadamente (Tapia, 2013). El proceso de cribado puede ser observado en la Figura 36.



**Figura 36.** Proceso de Cribado

### 4) Trituración Primaria

Después del clasificado se lleva los materiales al **triturado**, donde se somete a tres trituraciones. En la trituración primaria el material pasa por un sistema denominado “*muelas*”, donde el material es triturado a un tamaño entre 2 a 4 pulgadas (Tapia, 2013). En la Figura 37, se puede asemejar de mejor manera este proceso.



**Figura 37.** Trituración Primaria

### 5) Trituración Secundaria

En la trituración secundaria el material pasa de ser de entre 2 a 4 pulgadas, a ser de 1 a 2 pulgadas (Tapia, 2013). En la Figura 38, se observa la segunda trituración.



**Figura 38.** Trituración Secundaria

### 6) Trituración Terciaria

Finalmente en la trituración terciaria el material pasa de ser de 1 a 2 pulgadas, a ser de 0.5 a 1 pulgadas (Tapia, 2013). En la Figura 39, se muestra de mejor forma el proceso de la tercera trituración.



**Figura 39.** Trituración Terciaria

Todo el triturado funciona mediante la generación de energía por el impulso de generadores eléctricos que trabajan a diésel. Los generadores y tanque de diésel para los procesos de trituración pueden ser apreciados en la Figura 40.



**Figura 40.** Generadores eléctricos y tanque de diésel para los procesos de trituración

Cabe recalcar que el transporte y desplazamiento para pasar de una trituradora a otra se lo hace por medio de zarandas y bandas transportadoras que igualmente funcionan por medio del generador eléctrico, ya que es una operación continua. Como subproductos se obtienen materiales áridos a más de los pétreos en las tres trituraciones (Tapia, 2013).

## **7) Hormigonado**

Para el hormigonado se agregan componentes áridos, pétreos, agua y cemento, dependiendo el uso que se va a dar pero generalmente son los

productos resultantes de la trituración primaria y secundaria (Tapia, 2013).  
En la Figura 41, se distingue el proceso de hormigonado.



**Figura 41.** Proceso de Hormigonado

## **8) Asfaltado**

Para el proceso de asfaltado se agregan productos de la trituración secundaria y terciaria este proceso inicia con la carga de material pétreo en las tolvas o tanques de almacenamiento, depósitos que son monitoreados por un sistema scada permitiendo supervisar y controlar el proceso industrial, es decir cada vez que los tanques requieran ser abastecidos por material pétreo el software lo detecta y se carga el material por medio de tractores (Tapia, 2013). Este proceso se puede ver en la Figura 42.



**Figura 42.** Proceso del sistema scada, y carga en tolvas o tanques de almacenamiento



Además la planta asfáltica funciona con generadores eléctricos y un tanque de diésel que pueden ser observados en la Figura 43.



**Figura 43.** Tanque de diésel y generadores eléctricos para planta asfáltica

Finalmente Tapia (2013), manifiesta que la refinación dentro del reactor de la planta asfáltica opera con temperaturas de hasta 150° centígrados, como se consigue observar en la Figura 44.



**Figura 44.** Temperatura de operación para la refinación del asfalto

## 9) Carga

La carga previo a su envío de material refinado para su uso o aplicación se hace directamente a la salida de la culminación del proceso como insumo obtenido (Tapia, 2013). En la Figura 45 se muestra la operación.



**Figura 45.** Proceso de carga de material, refinado de asfalto

## 10) Pesado

Tapia (2013), expresa que todo vehículo pesado que salga y entre de la concesión minera debe ser pesado y registrado mediante una báscula para verificar el material que sale, y no registrar pérdidas en insumos de las ganancias. En la Figura 46, se pronuncia la báscula para el pesaje de las volquetas.



**Figura 46.** Báscula para el pesaje de los vehículos pesados (volquetas)

## 11) Distribución y Transporte

Finalmente para la distribución y transporte se siguen las normas de seguridad industrial, la cual es poner una lona de plástico grueso para no levantar, ni desperdiciar material durante el transporte, previo a su entrega donde se realizan las obras o su destino final de su uso (Tapia, 2013).

En la Figura 47, se muestra el último proceso de distribución y transporte con lonas para la entrega de material, donde se encuentre la obra en construcción.



**Figura 47.** Proceso de distribución y transporte

#### **4.3.3.4.- Seguridad y salud ocupacional**

La SSO, que presenta la empresa Panavial S.A.-H.C.C., es la siguiente: según Tapia (2013), declara que en el área in situ de la concesión existen 82 trabajadores, todos cuentan con sus carnets de salud, y cumplen con horarios rotativos, tienen su contrato respectivo, sin embargo se identificó que en el área in situ de labores la mayoría de los obreros no utiliza mascarillas o protección contra el polvo en la jornada laboral. La carencia del equipo de protección personal, en este caso mascarillas o instrumentos que permitan su defensa contra la generación de polvo y ruido atentan prolongadamente a la salud personal de los obreros, de esta manera se identificó una **no conformidad** como parte del cumplimiento normativo en las auditorías ambientales anuales que realiza la DPA, del GADMUR. En cuanto a las **conformidades** la concesión minera Panavial S.A.- H.C.C., si cumple con la señalización industrial, y mantenimiento de las vías de acceso dentro de las funciones que desempeñan evitando así riesgos en el trabajo como se logró representar en la Figura 48, en base a fotografías tomadas en el lugar de estudio.



**Figura 48.** Señalización Industrial para evitar riesgos laborales

Para la caracterizar las áreas de concentración en la zona in situ de estudio de los trabajadores, Panavial S.A.- H.C.C., cuenta con áreas definidas y marcadas como lo son: el área del comedor para la alimentación; el área de parqueadero para trabajadores y visitas; y el área de oficinas y vivienda, cuando los obreros rotan el horario y residir en la obra industrial. En la Figura 49, se distingue el área de comedor, parqueadero, oficinas y vivienda que los trabajadores y las visitas utilizan.



**Figura 49.** Áreas de: comedor; parqueadero; oficinas y residencia de Panavial S.A.-H.C.C.

#### 4.3.3.5.- Medios de compensación para la contaminación ambiental

Finalmente para culminar de caracterizar la diligencia y procesos in situ de extracción de material pétreo (actividad minera), se comprobó los medios de compensación que la empresa Panavial S.A. - H.C.C., realiza según expresa Tapia (2013), con el fin de mitigar los impactos ambientales producidos y estos son: **1)** plantas de tratamiento de agua; **2)** reforestación; y **3)** Control de polvo por regadío. Y se detallan a continuación.

##### 1) Plantas de tratamiento de agua

La empresa Panavial S.A. – H.C.C., cuenta únicamente con dos plantas de tratamiento de agua que se ubican en la planta asfáltica como parte de su sistema, en el que se lleva a cabo un tratamiento primario y secundario (Tapia, 2013). En la Figura 50, se muestran las plantas de tratamiento de agua que posee esta gran empresa



**Figura 50.** Plantas de tratamiento de agua

En la expuesta Figura 50, se observa las plantas de tratamiento que forman parte de la planta asfáltica, debido al uso de hidrocarburos, los lodos resultantes de estos tratamientos se usan para la viabilidad de la obra industrial donde reside la concesión Panavial S.A.- H.C.C., y el agua tratada o resultante se descarga al efluente del río Pita (Tapia, 2013).

## 2) Reforestación

Debido al desbroce en las canteras y la tala de árboles necesaria para la producción de material pétreo y sus derivados, la empresa Panavial S.A.- H.C.C., reforesta los taludes, y orillas del cauce del río Pita, en sí el área de explotación minera con la especie de Eucalipto, con el fin de evitar deslizamientos en época de invierno, y de aislar el ruido y contaminación hacia las comunidades aledañas (Barrio Cashapamba), Tapia (2013). En la Figura 51, se observa las especies de eucalipto plantadas en el sendero del río Pita donde se desarrolla la actividad minera.



**Figura 51.** Reforestación con eucalipto en el sendero del río Pita donde se desarrolla la actividad minera

## 3) Control de polvo por regadío

La empresa Panavial S.A.- H.C.C., hace control de polvo por regadío mediante tanqueros de agua, recurso que se extrae propiamente del río Pita, con la finalidad de controlar el levantamiento de polvo durante las jornadas laborales (Tapia, 2013). En la Figura 52, se muestra este medio de compensación para el control de polvo.



**Figura 52.** Control de polvo por regadío

En la expuesta Figura 52, se observa el control de polvo mediante un tanquero de agua, lamentablemente no se alcanzó a tomar la fotografía justo en el momento en el que el vehículo pesado pasaba haciendo el control por el camino de la concesión Panavial S.A. – H.C.C.

#### **4.4.- RESULTADO CARACTERIZACIÓN, ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL RECURSO AGUA**

Acorde a los tres puntos de ensayo que se plantearon en la metodología para caracterización, análisis físico-químico y microbiológico del recurso agua en el **(punto 3.6.4.1)** del presente proyecto de investigación, se procedió a la entrega de los resultados tanto como para la ubicación de los puntos de muestreo, así como para los correspondientes análisis.

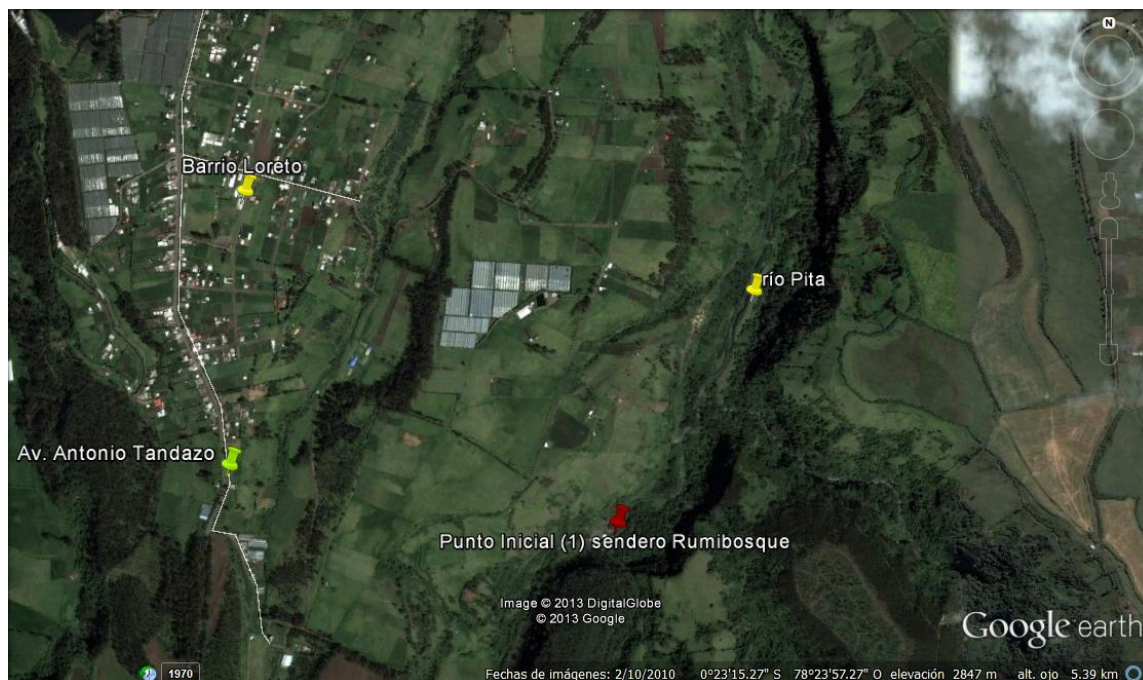
Los tres ensayos físico-químicos y microbiológicos para caracterizar y analizar el recurso agua en el cauce del Río Pita, tuvieron lugar y fecha el 24 de septiembre de 2013. Y se obtuvieron los siguientes resultados.

##### **4.4.1.- PUNTO INICIAL (1) SENDERO RUMIBOSQUE “AGUA”**

El Punto Inicial (1), para caracterización, análisis físico-químico y microbiológico del recurso agua se lo realizó en la línea base definida, en el Río Pita del “Sendero Rumibosque”, tuvo la siguiente ubicación y coordenadas UTM, dadas por el GPS de la DPA del GADMUR, y la herramienta virtual Google Earth (2013), y se pueden valorar en la Tabla 16 y Figura 53.

**Tabla 16.** Coordenadas Punto Inicial (1) “aguas”, “Sendero Rumibosque”

COORDENADAS UTM (Zona 17M)	X	Y	ALTURA	FECHA Y HORA	Profundidad
Punto Inicial (1) “Sendero Rumibosque”	0789571	9956635	2750 m.s.n.m.	24/09/2013 a las 12:15 PM	20 cm.



**Figura 53.** Ubicación Punto inicial (1), muestreo para análisis físico-químico e microbiológico del recurso agua en el Sendero Rumibosque.

(Google Earth, 2013)

La toma de muestras tuvo participación juntamente con una funcionaria pública (Técnica Ambiental de la DPA del GADMUR), fue ella quien registró los datos en el GPS, y quien apoyo con la toma de fotografías en la salida técnica de campo para el muestreo de aguas. Por lo tanto cada punto para los correspondientes ensayos fue registrado, las coordenadas y ubicación geográfica en la libreta de apuntes; y dejando como constancia evidencia fotográfica, como se puede apreciar en el **(Anexo 8)**, el muestreo para caracterización, análisis físico-químico y microbiológico del recurso agua en el



punto inicial (1) “Sendero Rumibosque”. A continuación se muestra en la Tabla 17, los resultados de los parámetros analizados para caracterización, análisis físico-químico y microbiológico del recurso agua en el punto inicial (1).

**Tabla 17.** Resultados parámetros físico-químicos e microbiológicos “aguas” Punto Inicial (1), Sendero Rumibosque

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	TULSMA, LIBRO VI ANEXO 1 *TABLA 12	CUMPLIMIENTO NORMATIVA SI/NO
DBO5	mgO <sub>2</sub> /l	< 5	100	SI
DQO	mgO <sub>2</sub> /l	< 8	250	SI
*DUREZA TOTAL	mgCaCO <sub>3</sub> /l	74	500	SI
INDICE DE COLIFORMES FECALES	NMP/100 ml	7.8	3000	SI
*OXÍGENO DISUELTO	mg/l	5.1	no < 6	NO
pH	---	8.2	5 - 9	SI
*SÓLIDOS DISUELTOS	mg/l	179	1000	SI
SÓLIDOS SEDIMENTABLES	ml/l	< 0.1	1	SI
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	mg/l	< 8	100	SI
SÓLIDOS TOTALES	mg/l	191	1600	SI
TPH	mg/l	< 0.5	20	SI
*TURBIDEZ	UNT	< 4	100	SI

\*TABLA 12: Límites máximos permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce

\*DUREZA TOTAL, OXIGENO DISUELTO, SOLIDOS DISUELTOS y TURBIDEZ: para estos parámetros se comparó con la normativa de la Tabla 1 del TULSMA LIBRO VI ANEXO 1, a cerca de aguas para el consumo y uso doméstico que únicamente requieren tratamiento convencional, ya que en la Tabla 12 del TULSMA no son considerados dichos parámetros, pero que fueron necesarios para el estudio.

(OSP, 2013)

En la expuesta Tabla 17, el único parámetro que no cumple con la normativa ambiental es el oxígeno disuelto, para los demás parámetros si cumplen con la

normativa, por lo tanto el cauce del río Pita en el sendero Rumibosque es apto para la descarga al cuerpo de agua dulce, mientras que para el consumo humano y uso doméstico, es recomendable un tratamiento sencillo convencional. Además los resultados obtenidos dentro de la acreditación por el laboratorio OSP, para el punto inicial (1) se observan en el **(Anexo 9)**, donde se destacan las siguientes especificaciones: **i)** los resultados reescritos e interpretados anteriormente en la Tabla 17, para caracterización y análisis físico-químico e microbiológico del recurso agua.; **ii)** la determinación del estado del agua que resulto poco turbia.; y **iii)** el período de duración de los análisis que fue de un mes laboral.

#### **4.4.2.- PUNTO MEDIO (2) CONTAMINACIÓN CRÍTICA (ACTIVIDAD MINERA) “AGUA”**

En el Punto Medio (2), se tomó como referencia el puente sobre el río Pita donde operan las concesiones mineras de Panavial S.A.- H.C.C., y Consermín considerando que hay lavado de material en ese puente, y que es de vía Pública. Es decir el punto crítico de la contaminación ambiental sobre el cauce del río Pita como se puede observar en el **(Anexo 10)**.

La ubicación y coordenadas UTM geo-referenciadas del punto medio (2) se pueden apreciar en la Tabla 18 y Figura 54.

**Tabla 18.** Coordenadas Punto Medio (2) “aguas”, Puente sobre Río Pita (Concesiones mineras, Punto Crítico de Contaminación)

<b>COORDENADAS UTM (Zona 17M)</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>ALTURA</b>	<b>FECHA Y HORA</b>	<b>Profundidad</b>
Punto Medio (2) “Contaminación, actividad minera”	0787696	9961911	2577 m.s.n.m.	24/09/2013 a las 13:57 PM	20 cm.



**Figura 54.** Ubicación Punto medio (2), muestreo para análisis físico-químico e microbiológico del recurso agua en el punto crítico de contaminación

(Google Earth, 2013)

En el **(Anexo 11)**, se observan las fotografías tomadas durante el muestreo para el punto medio (2) de contaminación crítica para el recurso agua, donde operan las concesiones mineras.

A continuación se presenta la Tabla 19, los resultados de los parámetros analizados para caracterización, análisis físico-químico y microbiológico del recurso agua del punto medio (2), crítico de la contaminación donde operan las concesiones mineras.

**Tabla 19.** Resultados parámetros físico-químicos e microbiológicos “aguas” Punto Medio (2), contaminación concesiones mineras

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	TULSMA, LIBRO	CUMPLIMIENTO
			VI ANEXO 1 *TABLA 12	NORMATIVA SI/NO
DBO5	mgO <sub>2</sub> /l	< 5	100	SI
DQO	mgO <sub>2</sub> /l	< 8	250	SI
*DUREZA TOTAL	mgCaCO <sub>3</sub> /l	95	500	SI
INDICE DE COLIFORMES FECALES	NMP/100 ml	3300	3000	NO
*OXÍGENO DISUELTO	mg/l	4.6	no < 6	NO
pH	---	7.9	5 - 9	SI
*SÓLIDOS DISUELTOS	mg/l	223	1000	SI
SÓLIDOS SEDIMENTABLES	ml/l	0.8	1	SI
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	mg/l	446	100	NO
SÓLIDOS TOTALES	mg/l	662	1600	SI
TPH	mg/l	< 0.5	20	SI
*TURBIDEZ	UNT	321	100	NO

\*TABLA 12: Límites máximos permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce

\*DUREZA TOTAL, OXIGENO DISUELTO, SOLIDOS DISUELTOS y TURBIDEZ: para estos parámetros se comparó con la normativa de la Tabla 1 del TULSMA LIBRO VI ANEXO 1, a cerca de aguas para el consumo y uso doméstico que únicamente requieren tratamiento convencional, ya que en la Tabla 12 del TULSMA no son considerados dichos parámetros, pero que fueron necesarios para el estudio.

(OSP, 2013)

En la exhibida Tabla 19, se determinaron cuatro inconformidades para los parámetros de: índice de coliformes fecales, oxígeno disuelto, sólidos suspendidos y turbidez. Por lo que es necesario que las concesiones implanten plantas de tratamiento de aguas en la actividad previo a la descarga en el cuerpo de agua dulce del río Pita y así cumplir con la normativa de la Tabla 12 del Anexo 1, del Libro VI del TULSMA.

Para el consumo humano y uso doméstico, esta agua no es recomendable por ningún motivo. También hay parámetros que se ajustan al límite, casi al filo del reglamento, por ello el tratamiento es indispensable por parte de las empresas mineras.

Asimismo los resultados obtenidos dentro de la acreditación por el laboratorio OSP, para el punto medio (2) se observan en el **(Anexo 12)**, donde se destacan las siguientes especificaciones: **i)** los resultados reescritos e interpretados precedentemente en la Tabla 19, para caracterización, análisis físico-químico y microbiológico del recurso agua.; **ii)** la determinación del estado del agua que resulto muy turbia.; y **iii)** el tiempo de duración de los análisis que fue de un mes laboral.

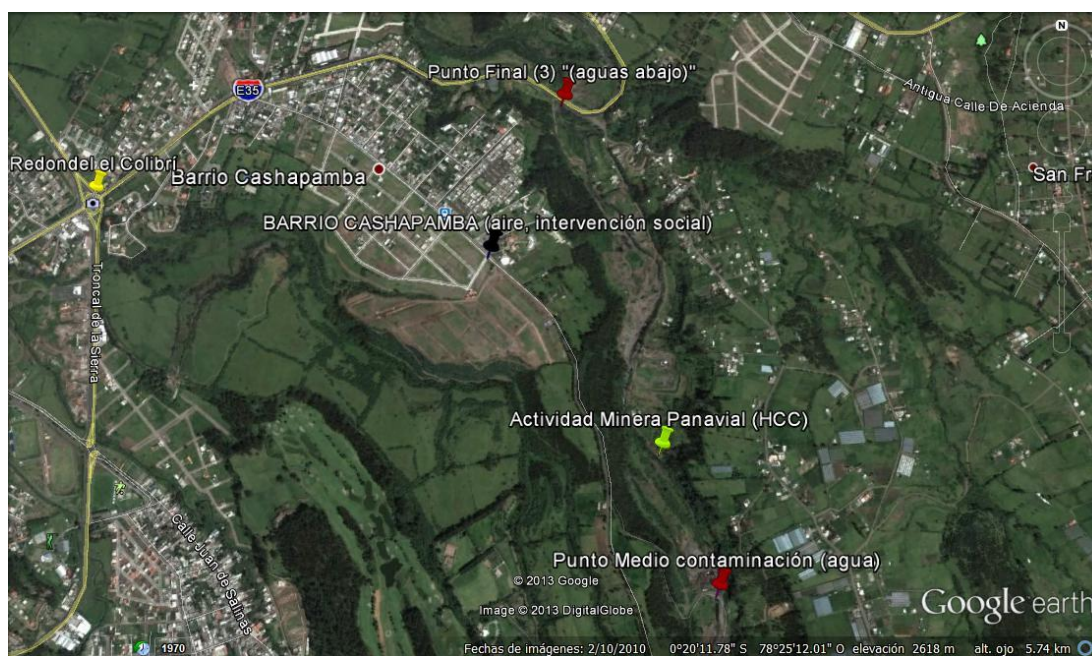
#### **4.4.3.- PUNTO FINAL (3) AGUAS ABAJO CULMINACIÓN DE OPERACIONES MINERAS “AGUA”**

Consecutivamente para el Punto Final (3), donde culminan las actividades mineras de todas las concesiones que operan sobre el territorio del Cantón Rumiñahui en el Barrio Cashapamba, se tomó como referencia el puente sobre el río Pita de la vía principal “Troncal de la Sierra (E35)” que se dirige desde el Monumento el Colibrí de Sangolquí al nuevo aeropuerto de Tababela.

Es decir aguas abajo en donde han culminado las operaciones mineras y donde el río Pita sigue su transcurso hasta el puente de la autopista General Rumiñahui del Colegio Farina antes del Puente 9, y donde se une con el río San Pedro. Las fotos del muestreo en el Punto Final (3) se pueden observar en el **(Anexo 13)**. Mientras que la ubicación y coordenadas UTM geo-referenciadas, se pueden apreciar en la Tabla 20 y Figura 55.

**Tabla 20.** Coordenadas Punto Final (3) “aguas”, “Puente sobre Río Pita” (Vía E35 camino a Tababela, culminación de actividades mineras; aguas abajo)

COORDENADAS UTM (Zona 17M)	X	Y	ALTURA	FECHA Y HORA	Profundidad
Punto Final (3) “Aguas abajo, Vía Tababela (E35)”	0787194	9963545	2551 m.s.n.m.	24/09/2013 a las 14:53 PM	20 cm.



**Figura 55.** Ubicación Punto Final (3) “aguas abajo”, muestreo para análisis del recurso agua culminación de operaciones mineras.

(Google Earth, 2013)

En la Tabla 21, se presentan los resultados de los parámetros analizados para caracterización, análisis físico-químico y microbiológico del recurso agua sobre el punto final (3), aguas abajo donde han finalizado las operaciones mineras a la altura del puente sobre el río Pita, rumbo a Tababela en la vía Troncal de la Sierra E35.

**Tabla 21.** Resultados parámetros físico-químicos e microbiológicos agua Punto Final (3), aguas abajo culminación de operaciones mineras

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	TULSMA, LIBRO	CUMPLIMIENTO
			VI ANEXO 1 *TABLA 12	NORMATIVA SI/NO
DBO5	mgO <sub>2</sub> /l	< 5	100	SI
DQO	mgO <sub>2</sub> /l	< 8	250	SI
*DUREZA TOTAL	mgCaCO <sub>3</sub> /l	102	500	SI
INDICE DE COLIFORMES FECALES	NMP/100 ml	13000	3000	NO
*OXÍGENO DISUELTO	mg/l	5.2	no < 6	NO
pH	---	8.0	5 - 9	SI
*SÓLIDOS DISUELTOS	mg/l	216	1000	SI
SÓLIDOS SEDIMENTABLES	ml/l	0.5	1	SI
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	mg/l	222	100	NO
SÓLIDOS TOTALES	mg/l	408	1600	SI
TPH	mg/l	< 0.5	20	SI
*TURBIDEZ	UNT	230	100	NO

\*TABLA 12: Límites máximos permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce

\*DUREZA TOTAL, OXIGENO DISUELTO, SOLIDOS DISUELTOS y TURBIDEZ: para estos parámetros se comparó con la normativa de la Tabla 1 del TULSMA LIBRO VI ANEXO 1, a cerca de aguas para el consumo y uso doméstico que únicamente requieren tratamiento convencional, ya que en la Tabla 12 del TULSMA no son considerados dichos parámetros, pero que fueron necesarios para el estudio.

(OSP, 2013)

En la mostrada Tabla 21, se determinó cuatro inconformidades para los parámetros de: índice de coliformes fecales, oxígeno disuelto, sólidos suspendidos y turbidez. Por lo que es evidente que la contaminación ambiental sobre el cauce del río Pita continua aún después de la culminación de las operaciones mineras, y de que hay una clara certeza de que no hay ningún tratamiento alguno para compensar los impactos generados en el medio

acuático y poder cumplir con la normativa de la Tabla 12 del Anexo 1, del Libro VI del TULSMA. Sin embargo los valores de contaminación han variado y se podría decir que han disminuido referentes a la contaminación del punto medio crítico de la contaminación, esto se debe a la disolución que el río Pita produce a través de su caudal, pero es notable la perseverante contaminación que existe durante y después de las actividades mineras. Por lo que el agua no es nada recomendable para el consumo humano y uso doméstico.

También los resultados obtenidos dentro de la acreditación por el laboratorio OSP, para el punto final (3) se observan en el **(Anexo 14)**, donde se destacan las siguientes especificaciones: **i)** los resultados reescritos e interpretados anteriormente en la Tabla 21, para caracterización, análisis físico-químico y microbiológico del recurso agua.; **ii)** la determinación del estado del agua que resulto muy turbia.; y **iii)** el tiempo de duración de los análisis que fue de un mes laboral.

De esta manera finaliza la presentación de resultados para caracterización, análisis físico-químico y microbiológico del recurso agua, esperando se tomen acciones inmediatas al respecto por parte de los representantes legales de las Concesiones mineras y del GADMUR.

#### **4.4.4- COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICO DEL RECURSO AGUA**

Realizados los análisis individuales de las muestras en el campo in situ de estudio, se presenta la comparación de los resultados de los tres puntos de ensayo para el recurso agua, como pueden apreciarse en la Tabla 22.



**Tabla 22.** Comparación parámetros físico-químicos e microbiológicos de los tres puntos de ensayo (aguas)

PARÁMETROS	UNIDADES	TULSMA LIBRO VI ANEXO 1 *TABLA 12	Punto Inicial (1)	Punto Medio (2)	Punto Final (3)
DBO5	mgO <sub>2</sub> /l	100	< 5	< 5	< 5
DQO	mgO <sub>2</sub> /l	250	< 8	< 8	< 8
*DUREZA TOTAL	mgCaCO <sub>3</sub> /l	500	74	95	102
COLIFORMES FECALES	NMP/100 ml	3000	7.8	3300	13000
*OXÍGENO DISUELTO	mg/l	no < 6	5.1	4.6	5.2
pH	---	5 - 9	8.2	7.9	8.0
*SÓLIDOS DISUELTOS	mg/l	1000	179	223	216
SÓLIDOS SEDIMENTABLES	ml/l	1	< 0.1	0.8	0.5
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	mg/l	100	< 8	446	222
SÓLIDOS TOTALES	mg/l	1600	191	662	408
TPH	mg/l	20	< 0.5	< 0.5	< 0.5
*TURBIDEZ	UNT	100	< 4	321	230

\*TABLA 12: Límites máximos permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce

\*DUREZA TOTAL, OXIGENO DISUELTO, SOLIDOS DISUELTOS y TURBIDEZ: para estos parámetros se comparó con la normativa de la Tabla 1 del TULSMA LIBRO VI ANEXO 1, a cerca de aguas para el consumo y uso doméstico que únicamente requieren tratamiento convencional, ya que en la Tabla 12 del TULSMA no son considerados dichos parámetros, pero que fueron necesarios para el estudio.

(OSP, 2013)

En base a las tablas 1 y 12 del Libro VI del Anexo 1 del TULSMA, se interpreta los resultados obtenidos, de la expuesta Tabla 22.

### **Demanda Biológica de Oxígeno DBO<sub>5</sub>**

Este indicador de materia orgánica se usa en relación con la DQO, los valores obtenidos en los tres puntos de muestreo son menores que 5 mg/l, y cumplen con la normativa vigente, es decir debido a las condiciones ambientales, suelo y vegetación, el consumo de oxígeno de los microorganismos presentes es bajo.

### **Demanda Química de Oxígeno DQO**

De igual manera en los tres ensayos los niveles se mantienen con valores menores a 8 mg/l, cumpliendo con la normativa vigente, y presentado un nivel medio bajo de materia orgánica que puede ser oxidada.

### **Dureza Total**

El resultado de este parámetro para el punto 1, 2 y 3 son de 74 mg/l, 95 mg/l, y 102 mg/l respectivamente lo que significa que tienen un ligero incremento en concentración de calcio al contacto en las profundidades con piedras y el tipo de suelo, ninguno de los tres ensayos supera el límite permisible de 500 mg/l, por lo que se considera como suave, es decir no tiene una concentración alta de calcio y magnesio.

### **Índice de Coliformes Fecales**

Este parámetro en el punto 1 no supera el límite permisible de 3000 NMP/100 ml al darnos 7.8 NMP/100 ml, sin embargo para los puntos 2 y 3 tenemos 3300 y 13000 NMP/100 ml proporcionalmente, esto demuestra un mal estado de las aguas. Tomando en cuenta el punto 1 de ensayo en la que también se presentan valores de coliformes se debe a la presencia de animales de ganado, que pastorean y se alimentan aguas arriba, por influencia de la gente que vive en el campo y cría a estos animales por la abundante vegetación y el requerimiento de agua para su digestión donde el río Pita es limpio.

### **Oxígeno Disuelto**

El oxígeno está presente en el agua de los tres puntos de ensayo con valores menores a la normativa, que oscilan entre 4.6 y 5.2, lo que significa relativamente que tienen una menor calidad y oxígeno, no cumpliendo así con las conformidades del reglamento ambiental. Notándose así una menor cantidad de oxígeno disuelto en el punto medio de la contaminación crítica con un valor de 4.6 mg/l, valor que muestra la evidente contaminación en la zona donde operan las concesiones mineras.

### **Potencial de Hidrógeno**

En general se observa un pH que varía entre 7.9 y 8.2, lo que ubica a las aguas del cauce del río Pita en los rangos básicos, siendo así un agua ligeramente alcalina, pero que sin embargo es tolerante para la existencia de ecosistemas y supervivencia de especies. Estos rangos se deben a la remoción de sólidos y descargas en el efluente.

### **Sólidos Disueltos**

Los resultados de los tres ensayos incrementan a medida que la actividad tiene influencia sobre el cauce del río Pita con valores de 179 mg/l, 223 mg/l, y 216 mg/l con una clara elevación de sólidos disueltos. En el punto medio crítico de la contaminación considerada como agua dura y que persiste hasta aguas abajo en el punto final, sin ningún tratamiento alguno. Sin embargo los tres valores obtenidos cumplen con la normativa de 1000 mg/l.

### **Sólidos Sedimentables**

Para los puntos de ensayo inicial, medio y final se obtuvo < 0.1 ml/l, 0.8 ml/l, y 0.5 ml/l respectivamente, los tres parámetros cumplen con la normativa, pero sin embargo vemos un aumento claro de los valores obtenidos, y para el punto medio (2) se encuentra al borde del límite permisible, que es 1 ml/l, por lo que es recomendable un previo tratamiento para la descarga.

### **Sólidos Suspendidos**

Los resultados obtenidos para sólidos suspendidos son punto inicial < 8 mg/l, punto medio 446 mg/l y punto final 222 mg/l, de igual manera se nota un incremento de este parámetro debido al desbroce que realizan las concesiones en el propio cauce del río Pita donde se extrae el material pétreo, por ningún motivo se cumple con el reglamento ambiental que es 100 mg/l y queda una gran inconformidad en la comparación entre las condiciones normales del punto inicial con las condiciones del punto medio, y que persisten en el punto final dando una clara señal que no existe tratamiento alguno.

### **Sólidos Totales**

Los valores obtenidos fueron 191 mg/l, 662 mg/l, y 408 mg/l para los puntos inicial, medio, y final respectivamente, el valor permisible es 1000 mg/l, por lo que resulta conforme al cumplimiento normado. Sin embargo se nota un gran incremento en el punto medio donde se ajustan al límite y no hay compensación alguna, perdurando la contaminación hasta aguas abajo en el punto final. De igual forma esto se debe al tipo de minería que se desarrolla, minería aluvial.

### **Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH)**

Los valores de TPH cumplen con la normativa ambiental que es 20 mg/l, y los resultados en los tres puntos de ensayo se mantienen en <0.5 mg/l, esto debido a la disolución que hay por parte del caudal que tiene el cauce del río Pita.

### **Turbidez**

Finalmente para el parámetro de turbidez que determina la transparencia del cuerpo de agua debido a las partículas sólidas en suspensión determinados anteriormente y que no cumplen con la normativa tiene relación con la turbidez, ya que los valores obtenidos fueron < 4 UNT para el punto inicial, 321 UNT para el punto medio, y 230 UNT para el punto final. Lo que define al agua su drástico cambio de poco turbia a muy turbia; y al incumplimiento de la normativa de la tabla 12 del Anexo 1, libro VI del TULSMA, concretando así un necesario tratamiento previo a la descarga en el cuerpo de agua, ya que la contaminación perdura aguas abajo después de la culminación de las operaciones mineras.

#### **4.5.- RESULTADO CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS MACROBIOLÓGICO, DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA (POR MACROINVERTEBRADOS)**

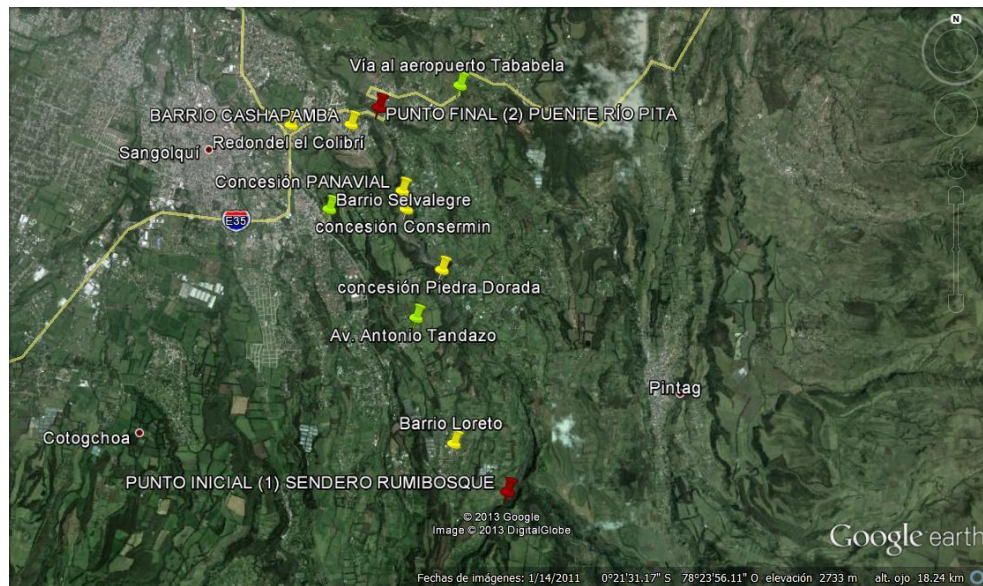
En conforme a los dos puntos de ensayo que se plantearon en la metodología para caracterización y análisis microbiológico, y determinación de la calidad de agua por macroinvertebrados en el **(punto 3.6.5.1)** del presente proyecto de investigación, se procedió a la entrega de los resultados tanto como para la ubicación de los puntos de muestreo, así como para los oportunos análisis. Los dos ensayos microbiológicos para caracterizar y analizar la calidad de agua ecosistémica en el cauce del Río Pita, tuvieron lugar y fecha los días: lunes 11 de noviembre de 2013 a las 12:00 pm.; y el día martes 12 de noviembre de 2013 a las 15:00 pm. Obteniendo los consiguientes resultados.

##### **4.5.1.- PUNTO INICIAL (1) SENDERO RUMIBOSQUE “ANÁLISIS MACROBIOLÓGICO (MACROINVERTEBRADOS)”**

Para definir los resultados del análisis microbiológico (macroinvertebrados) en primera instancia se examinó el Punto Inicial (1), en el lugar de referencia de la línea base en el “Sendero Rumibosque”, las fotografías del muestreo que se hizo en este punto, se pueden observar en el **(Anexo 15)**. Además se identificaron las siguientes coordenadas y ubicación geográfica que se indican en la Tabla 23 y Figura 56.

**Tabla 23.** Coordenadas Punto Inicial (1), “Sendero Rumibosque” (Río Pita, Macroinvertebrados)

<b>COORDENADAS UTM (Zona 17M)</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>ALTURA</b>	<b>FECHA Y HORA</b>
Punto Inicial (1) “Sendero Rumibosque”	0789571	9956635	2750 m.s.n.m.	11/11/2013 a las 12:00 PM



**Figura 56.** Punto Inicial (1) muestreo análisis microbiológico (macroinvertebrados), para calidad de agua.

(Google Earth, 2013)

A constancia se presenta los resultados en la Tabla 24, respecto al análisis microbiológico (macroinvertebrados) del punto inicial (1) que se realizó para la determinación de calidad de agua ecosistémica.

**Tabla 24.** Resultado análisis microbiológico (macroinvertebrados) en el Punto Inicial (1) “Sendero Rumibosque”, determinación de calidad de agua

CLASE	CALIDAD	* BMWP/COL (# de individuos)	SIGNIFICADO	COLOR
II	Aceptable	72	Aguas ligeramente contaminadas	

\*BMWP/COL: índice biológico (Biological Monitoring Working Party Score System), metodología para evaluar la calidad del agua en los ecosistemas acuáticos, por número de especies encontradas.

(Endara, 2012)

En la Tabla 24 precedentemente expuesta, para el análisis microbiológico en el punto inicial (1) Sendero Rumibosque, se encontraron durante el muestreo 72 individuos (macroinvertebrados).

Determinando así un estado del agua de clase II, que es de calidad aceptable, es decir aguas consideradas ligeramente contaminadas y se la identifica con color verde. Todo este resultado en acorde al criterio manifestado por Endara (2012) expuestos en el **(punto 3.6.6.3)** de la metodología del presente proyecto de investigación. En cuanto a las especies identificadas, de la referencia bibliografía de los manuales expuestos de igual forma en el **(punto 3.6.6.3)** de la metodología del presente proyecto de investigación mostrados por: Ladrera (2012); y Carrera y Fierro (2001). Se obtuvieron las siguientes especies apreciadas en la Tabla 25 y Figura 57.

**Tabla 25.** Resultado especies encontradas para análisis macrobiológico (macroinvertebrados) en el Punto Inicial (1) “Sendero Rumibosque”

<b>ORDEN</b>	<b>FAMILIAS</b>	<b>* BMWP/COL (# de individuos)</b>
Amphipoda	Gammaridae o gambas	7
Coleoptera	Scirtidae	3
Diptera	Blephariceridae	1
	Chironomidae	1
Ephemeroptera	Baetidae	14
Oligochaeta	Annelida	18
Plecoptera	Perlidae o perlas	24
Trichoptera	Hydrobiosidae	1
	Hydropsychidae	3
<b>TOTAL:</b>	<b>9</b>	<b>72</b>

En la Tabla 25 expuesta, se encontró un total de 72 individuos y 9 familias de macroinvertebrados en el ecosistema acuático del sendero Rumibosque, entre las especies con orden más abundante fueron: los plecópteros con 24 individuos, también a oligoquetos y efemerópteros con 18 y 14 individuos respectivamente, para las gambas se encontraron 7 ejemplares, 3 especies del orden tricópteros Hydrobiosidae y coleópteros, finalmente para los dípteros y

tricópteros Hydropsychidae se encontró 1 ejemplar para cada orden. Esto define que hay una gran biodiversidad en el sistema acuático del sendero Rumibosque antes del comienzo de la actividad minera.



**Figura 57.** Especies encontradas, análisis macrobiológico (macroinvertebrados) en el Punto Inicial (1) "Sendero Rumibosque"

a.- Plecópteros: Perlidae o perlas, b.- Tricópteros: Hydropsychidae, c.- Coleópteros: Scirtidae, d.- Díptero: Chironomidae, e.- Tricóptero: Hydrobiosidae, f.- Amphipodos: Gammaridae o gambas, g.- Díptero: Blephariceridae, h.- Ephemérotos: Baetidae, i.- Oligoquetos: Annelida.

En la Figura 57 exhibida precedentemente, se muestra las especies identificadas y determinadas en base a los manuales expuestos en la metodología de esta investigación, para el punto inicial (1) sendero Rumibosque del análisis macrobiológico con una alta biodiversidad en el ecosistema acuático del río Pita antes del inicio de las operaciones mineras. A continuación se explica y se muestra específicamente cada una de las especies encontradas.

#### **4.5.1.1.- Especificaciones de las especies (macroinvertebrados) por orden encontradas en el punto inicial (1) sendero Rumibosque**

A constancia se muestran los órdenes de las especies encontrados por separado detalladamente.



**a.- Plecópteros - Perlidae o perlas**

Tamaris, Turizo, y Zuñiga (2007), manifiesta que los plec6pteros son “*un grupo de insectos acuáticos que se caracterizan por vivir principalmente en aguas frías, de corrientes rápidas, oxigenadas y oligotróficas; además son sensibles a cambios en las condiciones del hábitat y la calidad del agua*”. Se Puede observar un ejemplar en la Figura 58.



**Figura 58.** Plecóptero - Perlidae o perla

**b.- Tricópteros - Hydropsychidae**

Según Arauzo, Martínez y Valladolid (2007), esta familia “*se caracteriza por no formar verdaderos estuches o refugios móviles, aunque las larvas pueden estar más o menos envueltas de seda, entre piedras y construir redes relativamente grandes, cuyo tamaño aumenta con el tamaño del organismo. Se encuentran en ríos y quebradas de todos los tamaños, velocidades y temperaturas*”. En la Figura 59, se observa este orden de especie.



**Figura 59.** Tricópteros - Hydropsychidae

**c.- Coleópteros - Scirtidae**

Se caracterizan por poseer un cuerpo compacto y por ocupar hábitats acuáticos en sistemas de aguas frías, de corrientes rápidas, aguas salobres, aguas estancadas de estuarios y ciénagas, y costas rocosas (Epler, 2010). En la Figura 60, se puede apreciar este orden.



**Figura 60.** Coleópteros: Scirtidae.

**d.- Díptero - Chironomidae**

Son de distribución mundial, se los conoce por ser larvas previas a su transformación en mosquitos. Sirven como alimento para los peces en el ecosistema acuático. Y *“es una familia muy grande con más de 5.000 especies descritas. Los machos se distinguen fácilmente por sus antenas plumosas. A los adultos a veces se los llama moscas de los lagos o moscas de la arena”* (Wikipedia, 2013). Se puede apreciar este orden en la Figura 61.



**Figura 61.** Díptero – Chironomidae

**e.- Tricóptero - Hydrobiosidae**

Rojas (2006) expresa que esta especie se destaca por ser la familia *“con mayor diversidad entre 20 géneros y 47 órdenes y por tener el mayor porcentaje de elementos endémicos, resultando un ser constituyente más característico de los cursos de agua de los bosques”*. En la Figura 62 se observa este orden de especie.



**Figura 62.** Tricóptero – Hydrobiosidae.

**f.- Amphipodas - Gammaridae o gambas**

Los anfípodos son “*un orden de pequeños crustáceos malacostráceos que incluye a más de 7.000 especies descritas. Muchos anfípodos son marinos; aunque un pequeño número de especies son límnicos o terrestres*” (Wikipedia, 2013). Este orden puede ser observado en la Figura 63.



**Figura 63.** Amphipodas - Gammaridae o gambas.

**g.- Díptero - Blephariceridae**

Se caracterizan por “*presentar cuerpos alargados con multisegmentos, frecuentemente con muchas sedas en los machos. En este grupo se incluyen 2 familias más dentro de los dípteros nematóceros o mosquitos*”. (Wikipedia, 2013). La Figura 64, muestra este precepto.



**Figura 64.** Díptero - Blephariceridae

#### **h.- Efemerópteros - Baetidae**

Se caracterizan por tener largas alas delanteras ovales. Los baétidos se reproducen en una amplia variedad de lugares, desde aguas de lagos y arroyos hasta acequias e incluso aljibes. Se encuentran ampliamente distribuidas con alrededor de 900 especies en el mundo (Wikipedia, 2013). La Figura 65, muestra este orden.



**Figura 65.** Efemerópteros - Baetidae para el punto inicial (1) sendero Rumibosque

#### **i.- Oligoquetos - Annelida**

Conocidas como lombriz de Tierra. Se los identifica por una argolla de color rojo alrededor de su cuerpo alargado. La figura 66, modela este orden.



**Figura 66.** Oligoquetos- Annelida para el punto inicial (1) sendero Rumibosque

### **4.5.2.- PUNTO FINAL (2) AGUAS ABAJO, CULMINACIÓN DE OPERACIONES MINERAS “ANÁLISIS MACROBILÓGICO (MACROINVERTEBRADOS)”**

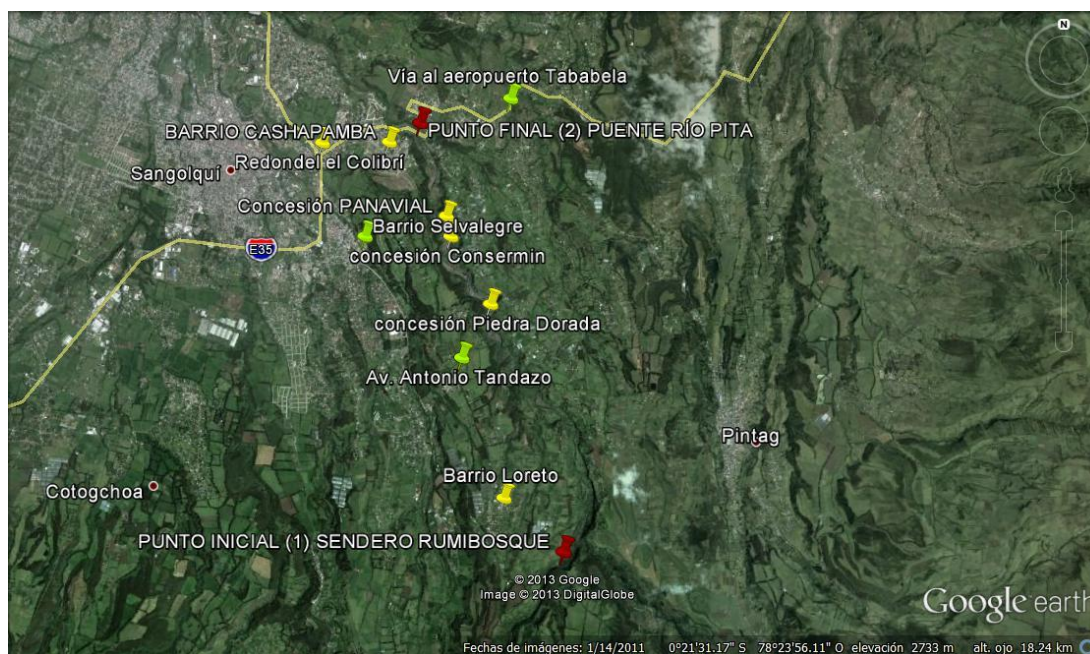
Para el Punto Final (2), se realizó inmediatamente el siguiente día después del punto inicial (1), llevándose a cabo el día martes 12 de noviembre de 2013 a las 15:00 pm.

El muestreo de macroinvertebrados con su correspondiente identificación y comparación de la existente contaminación ambiental para este punto, pueden observarse las fotografías tomadas en el **(Anexo 16)**.

También se obtuvo la siguiente ubicación y coordenadas UTM georeferenciadas, como se observa en la Tabla 26 y Figura 67.

**Tabla 26.** Coordenadas Punto Final (2), “Puente sobre Río Pita” (Vía E35 camino a Tababela, culminación de actividades mineras; aguas abajo “macroinvertebrados”)

<b>COORDENADAS UTM (Zona 17M)</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>ALTURA</b>	<b>FECHA Y HORA</b>
Punto Final (2) “Aguas abajo, Vía Tababela (E35)”	0787194	9963545	2551 m.s.n.m.	12/11/2013 a las 15:00 PM




**Figura 67.** Ubicación Punto Final (2), muestreo análisis microbiológico (macroinvertebrados)

(Google Earth, 2013)

A continuidad en la Tabla 27, se presenta los resultados del análisis microbiológico (macroinvertebrados) del punto final (2) que se realizó para la determinación de calidad de agua ecosistémica.

**Tabla 27.** Resultado análisis microbiológico (macroinvertebrados) en el Punto Final (2) “Sendero Rumibosque”, determinación de calidad de agua

CLASE	CALIDAD	* BMWP/COL (# de individuos)	SIGNIFICADO	COLOR
V	Muy Crítica	11	Aguas fuertemente contaminadas	

\*BMWP/COL: índice biológico (Biological Monitoring Working Party Score System), metodología para evaluar la calidad del agua en los ecosistemas acuáticos, por número de especies encontradas.

(Endara, 2012)

En la Tabla 27 expuesta, para el análisis microbiológico en el punto final (2) aguas abajo en el puente sobre río Pita, vía Tababela (Troncal de la sierra E35, culminación de operaciones mineras), se encontraron durante el muestreo 11 individuos (macroinvertebrados). Determinando así un estado del agua de clase V, que es de calidad muy crítica, es decir aguas consideradas fuertemente contaminadas y se la identifica con color rojo. Todo este resultado en acorde al criterio manifestado por Endara (2012) expuestos en el **(punto 3.6.5.3)** de la metodología del presente proyecto de investigación.

En cuanto a las especies identificadas, de la referencia bibliografía de los manuales expuestos de igual forma en el **(punto 3.6.5.3)** de la metodología del presente proyecto de investigación mostrados por: Ladrera (2012); y Carrera y Fierro (2001). Se obtuvieron las siguientes especies apreciadas en la Tabla 28 y Figura 68.

**Tabla 28.** Resultado especies encontradas para análisis macrobiológico (macroinvertebrados) en el Punto Final (2) “aguas abajo”, puente sobre río Pita, vía Tababela (Troncal de la sierra E35, culminación de operaciones mineras)

ORDEN	FAMILIAS	* BMWP/COL (# de individuos)
Ephemeroptera	Baetidae	10
Oligochaeta	Annelida	1
<b>TOTAL:</b>	<b>2</b>	<b>72</b>

En la Tabla 28 ostentada, se encontró un total de 11 individuos y 2 familias de macroinvertebrados en el ecosistema acuático del punto final (2), aguas abajo en el puente sobre río Pita, vía Tababela (Troncal de la sierra E35, culminación de operaciones mineras). Entre las dos únicas especies con orden más abundante fueron los efemerópteros con 10 individuos, mientras que como único ejemplar un oligoqueto de la familia Annelida. Esto define que hay una gran contaminación en el medio ecosistémico acuático debido a la influencia de la actividad minera.



**Figura 68.** Especies encontradas, análisis macrobiológico (macroinvertebrados) en el Punto Final (2) “aguas abajo, puente sobre río Pita, vía Tababela (Troncal de la sierra E35, culminación de operaciones mineras).”

a.- Efemerópteros: Baetidae, b.- Oligoquetos: Annelida.

En la Figura 70 presentada anteriormente, se muestra las especies identificadas y determinadas en base a los manuales expuestos en la metodología de esta investigación, para el punto final (2), aguas abajo en el puente sobre río Pita, vía Tababela (Troncal de la sierra E35, culminación de operaciones mineras), del análisis macrobilógico con una muy baja biodiversidad en el ecosistema acuático del río Pita después de las actividades mineras. A continuación se explica y se muestra específicamente las dos especies encontradas.

#### **4.5.2.1.- Especificaciones de las especies (macroinvertebrados) por orden encontradas en el punto final (2) aguas abajo en el puente sobre río Pita, vía Tababela (Troncal de la sierra E35, culminación de operaciones mineras)**

##### **a.- Efemerópteros – Baetidae**

Esta familia ya explicada en el literal “h” del **(punto 4.5.1.1)**, de la presente investigación demostró ser tolerante a la contaminación ejercida por la actividad minera, en la Figura 69, se muestra este orden para el punto final (2).



**Figura 69.** Efemerópteros - Baetidae para el punto final (2) aguas abajo “culminación de operaciones mineras”

##### **b.- Oligoquetos - Annelida**

De la misma manera esta familia ya expuesta en el literal “i” del **(punto 4.5.1.1)**, del presente proyecto de investigación, demostró ser resistente a la contaminación ejercida por las operaciones mineras, en la Figura 70, se muestra este orden para el punto final (2).





**Figura 70.** Oligoquetos - Annelida para el punto final (2) aguas abajo “culminación de operaciones mineras”

#### 4.5.3- COMPARCIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DEL ANÁLISIS MACROBIOLÓGICO, Y DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA (POR MACROINVERTEBRADOS)

Una vez realizados los análisis microbiológicos (macroinvertebrados) individuales obtenidos en el campo in situ de estudio, se presenta la comparación de los resultados de los dos puntos de ensayo como pueden valorarse en la Tabla 29.

**Tabla 29.** Comparación análisis microbiológico de los dos puntos de ensayo (macroinvertebrados)

ENSAYOS	CLASE	CALIDAD	* BMWP/COL (# de individuos)	SIGNIFICADO	COLOR
Punto Inicial (1)	II	Aceptable	72	Aguas ligeramente contaminadas	
Punto Final (2)	V	Muy Crítica	11	Aguas fuertemente contaminadas	

\*BMWP/COL: índice biológico (Biological Monitoring Working Party Score System), metodología para evaluar la calidad del agua en los ecosistemas acuáticos, por número de especies encontradas.

(Endara, 2012)

De la Tabla 29 presentada, se determinó que antes de la actividad minera tenemos una alta biodiversidad presente con aguas ligeramente contaminadas para el sendero Rumibosque en el punto inicial (1).

Sin embargo su calidad no es óptima, pero a diferencia de la calidad de agua determinada en el punto final (2, aguas abajo donde ya han finalizado las operaciones mineras, se encontraron a penas 2 familias con 11 individuos, lo cual determina una excesiva contaminación por parte de las concesiones mineras sin tratamiento alguno, destruyendo casi en su totalidad la vida presente en el ecosistema acuático con aguas resultantes fuertemente contaminadas en el cauce del río Pita.

#### **4.6.- RESULTADO CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DEL RECURSO SUELO**

De acuerdo a los dos puntos de ensayo que se plantearon en la metodología para caracterización, y análisis físico-químico del recurso suelo en el **(punto 3.6.6.1)** del presente proyecto de investigación. Se procedió a la entrega de los resultados tanto como para la ubicación de los puntos de muestreo, así como para los correspondientes análisis. Los dos ensayos físico-químicos para caracterizar y analizar el recurso suelo en el sedimento del cauce del Río Pita, tuvieron lugar y fecha el día martes 24 de septiembre de 2013 desde las 12:30 pm hasta las 14:30 pm. Y se obtuvieron los siguientes resultados. De la misma manera que en el medio acuático, se tomó en cuenta el tiempo disponible y los recursos económicos para completar el proyecto de investigación, se realizó un solo muestreo (compuesto), en los dos puntos diferentes mencionados en el **(punto 3.6.6.1)** de este estudio, es decir dos ensayos físico-químicos la calidad de suelo en sedimento sobre el cauce y orillas del Río Pita. Procediendo de la siguiente manera.

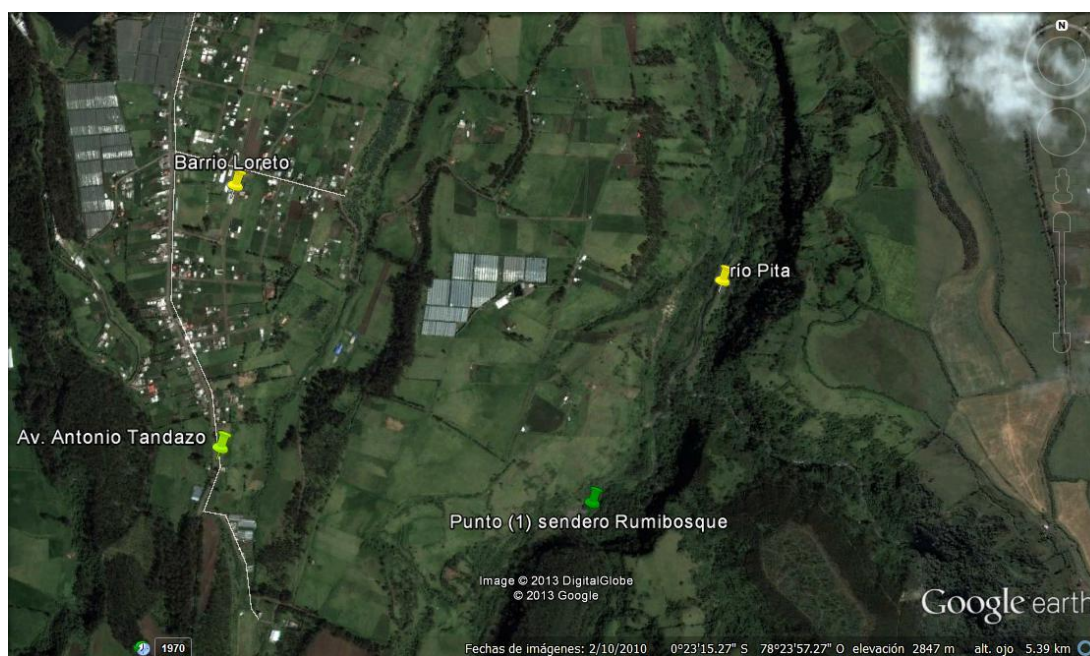
##### **4.6.1.- PUNTO (1) SENDERO RUMIBOSQUE “SUELO”**

El Punto (1), para caracterización y análisis de los parámetros físico-químico del recurso suelo, se lo realizó en la línea base definida, en el sedimento y orillas

del río Pita del “Sendero Rumibosque”, tuvo la siguiente ubicación y coordenadas UTM geo-referenciadas dadas por el GPS de la Dirección de Protección Ambiental del GADMUR, y la herramienta virtual Google Earth (2013), y se pueden valorar en la Tabla 30 y Figura 71.

**Tabla 30.** Coordenadas Punto (1) “suelos”, “Sendero Rumibosque”

COORDENADAS UTM (Zona 17M)	X	Y	ALTURA	FECHA Y HORA	Profundidad	Radio
Punto (1) “Sendero Rumibosque”	0787696	9961911	2750 m.s.n.m.	24/09/2013 a las 12:30 PM	10 cm.	(15 x 15 m.)



**Figura 71.** Ubicación Punto (1), muestreo análisis físico-químico del recurso suelo en el Sendero Rumibosque (Google Earth, 2013)

De igual manera que en el medio hídrico, la toma de muestras tuvo participación conjunta con una funcionaria pública de la DPA del GADMUR (Técnica Ambiental), fue ella quien tomó los datos en el GPS, y quien apoyó con la toma de fotografías en la salida técnica de campo para el muestreo de aguas y suelo.

Por lo tanto cada punto, y para los correspondientes ensayos fue registrado, las coordenadas y ubicación geográfica en la libreta de apuntes. Y dejando como constancia evidencia fotográfica como se puede apreciar en el **(Anexo 17)** el muestreo de suelos en el punto (1) “Sendero Rumibosque”. A continuación se presenta en la Tabla 31, los resultados de los parámetros analizados para caracterización y análisis físico-químico del recurso suelo en este punto.

**Tabla 31.** Resultados parámetros físico-químicos “suelos”, Punto (1), Sendero Rumibosque

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	TULSMA, LIBRO VI ANEXO 2 *Anexo 2	TULSMA, LIBRO VI ANEXO 2 *Anexo 3	CUMPLIMIENTO NORMATIVA SI/NO
*ACIDEZ	meq	No Detectable	---	---	---
*CONDUCTIVIDAD	μs/cm	0.1377	2000	4000	SI
*HUMEDAD	% (p/p)	29.8	---	---	---
*MATERIA ORGÁNICA	% (p/p)	0.7	---	---	---
*pH	---	7.0	6 a 8	6 a 8	SI
*TEXTURA					
Arena	%	90.2	---	---	---
Limo	%	3.7	---	---	---
Arcilla	%	6	---	---	---
TIPO DE SUELO		Franco Arenoso	---	---	---
TPH	mg/kg	< 100	0.5	200	SI

\*Anexo 2: Criterios de calidad del suelo

\*Anexo 3: Criterios de remediación (valores máximos permisibles)

\*ACIDEZ, CONDUCTIVIDAD, HUMEDAD, MATERIA ORGÁNICA, pH, TEXTURA: para estos parámetros se consideró las recomendaciones del INIGEMM, respecto a la valoración de la calidad inicial del suelo según su uso “minería aluvial”. Y así poder comparar los resultados entre los obtenidos en la línea base con los obtenidos en el punto crítico de la contaminación donde las concesiones mineras hacen lavado de sustancias residuales sobre el cauce y orillas del río Pita.

(OSP, 2013)

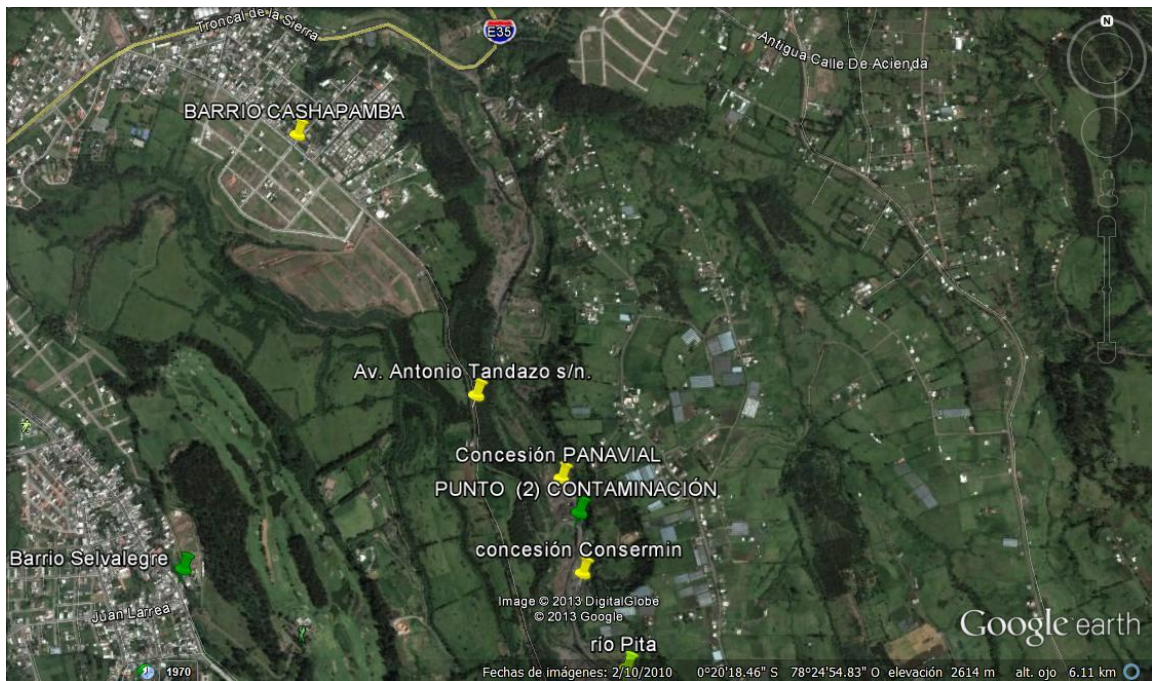
En la presentada Tabla 31, todos los parámetros cumplen con la normativa ambiental, por lo tanto el suelo del cauce del río Pita en sedimento y en sus orillas en el sendero Rumibosque es apto y limpio para cualquier actividad o uso que se desarrolle en él. Además los resultados obtenidos dentro de la acreditación por el laboratorio OSP, para el punto (1) se observan en el **(Anexo 18)**, donde se destacan las siguientes especificaciones: **i)** los resultados reescritos e interpretados anteriormente en la Tabla 31, para caracterización y análisis físico-químico del recurso suelo.; **ii)** la determinación del estado del suelo que resulto sólido y de color gris.; y **iii)** el periodo de duración de los análisis que fue de un mes laboral.

#### **4.6.2.- PUNTO (2) CONTAMINACIÓN CRÍTICA (DONDE OPERAN LAS CONCESIONES MINERAS) “SUELO”**

En el Punto (2), se tomó como referencia igualmente, el puente sobre el río Pita donde operan las concesiones mineras, considerando que hay lavado de material de sustancias residuales en ese puente y que de esa manera se deposita en el sedimento del suelo. Este punto de muestreo es clave porque está entre las operaciones mineras que laboran dicha actividad en el Barrio Cashapamba, sobre el entorno biótico del río, es decir es el punto crítico de contaminación como se puede observar en el **(Anexo 19)**, las fotografías tomadas del suelo contaminado y del muestreo respectivo en este punto. Además La ubicación y coordenadas UTM del punto medio (2) se pueden apreciar en la Tabla 32 y Figura 72.

**Tabla 32.** Coordenadas y Ubicación Punto (2) “suelos”, “Puente sobre Río Pita” (Concesiones mineras, Punto Crítico de Contaminación)

<b>COORDENADAS UTM (Zona 17M)</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>ALTURA</b>	<b>FECHA Y HORA</b>	<b>Profundidad</b>	<b>Radio</b>
Punto (2) “Contaminación actividad minera”	0787706	9961893	2573 m.s.n.m.	24/09/2013 a las 14:25 PM	10 cm.	(15 x 15 m.)



**Figura 72.** Ubicación Punto (2), muestreo análisis físico-químico del recurso suelo en el punto crítico de la contaminación (operación de las concesiones mineras)

(Google Earth, 2013)

A constancia se presenta en la Tabla 33, los resultados de los parámetros analizados para caracterización y análisis físico-químico del recurso suelo en este punto crítico de la contaminación ambiental que producen las concesiones mineras, y que se bioacumula en el sedimento del cauce del río Pita.

En la Tabla 33, todos los parámetros cumplen con la normativa ambiental, a excepción de los Hidrocarburos Totales de Petróleo que poseen un valor de 536 mg/kg, siendo extremadamente superior al límite de los valores máximos permisibles.

**Tabla 33.** Resultados parámetros físico-químicos “suelos”, Punto (2), crítico de la contaminación (operación de las concesiones mineras)

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	TULSMA, LIBRO VI ANEXO 2 *Anexo 2	TULSMA, LIBRO VI ANEXO 2 *Anexo 3	CUMPLIMIENTO NORMATIVA SI/NO
*ACIDEZ	meq	No Detectable	---	---	---
*CONDUCTIVIDAD	μs/cm	0.08	2000	4000	SI
*HUMEDAD	% (p/p)	24.2	---	---	---
*MATERIA ORGÁNICA	% (p/p)	0.9	---	---	---
*pH	---	8.4	6 a 8	6 a 8	NO
*TEXTURA					
Arena	%	91.2	---	---	---
Limo	%	4.8	---	---	---
Arcilla	%	4	---	---	---
TIPO DE SUELO		Franco Arenoso	---	---	---
TPH	mg/kg	536	0.5	200	NO

\*Anexo 2: Criterios de calidad del suelo

\*Anexo 3: Criterios de remediación (valores máximos permisibles)

\*ACIDEZ, CONDUCTIVIDAD, HUMEDAD, MATERIA ORGÁNICA, pH, TEXTURA: para estos parámetros se consideró las recomendaciones del INIGEMM, respecto a la valoración de la calidad inicial del suelo según su uso “minería aluvial”. Y así poder comparar los resultados entre los obtenidos en la línea base con los obtenidos en el punto crítico de la contaminación donde las concesiones mineras hacen lavado de sustancias residuales sobre el cauce y orillas del río Pita.

(OSP, 2013)

Estos resultados implican que en base a los criterios de remediación, es necesario y obligatorio, que los representantes de las concesiones mineras tomen acciones inmediatas para este impacto ambiental que a su vez causa una grave afectación en el suelo (sedimento y orillas) del cauce del río Pita. Por lo tanto las actividades mineras no califican en conformidad acorde a los límites que dicta la normativa ambiental, por lo que se requiere de una inmediata solución ante este problema ambiental.

Asimismo los resultados obtenidos dentro de la acreditación por el laboratorio OSP, para el punto (2) se observan en el **(Anexo 20)**.

#### 4.6.3.- COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DEL RECURSO SUELO

**Tabla 34.** Comparación parámetros físico-químicos de los dos puntos de ensayo (suelos)

PARÁMETROS	UNIDADES	TULSMA, LIBRO VI ANEXO 2 *Anexo 2	TULSMA, LIBRO VI ANEXO 2 *Anexo 3	Punto (1)	Punto (2)
*ACIDEZ	Meq	---	---	No Detectable	No Detectable
*CONDUCTIVIDAD	μs/cm	2000	4000	0.1377	0.08
*HUMEDAD	% (p/p)	---	---	29.8	24.2
*MATERIA ORGÁNICA	% (p/p)	---	---	0.7	0.9
*pH	---	6 a 8	6 a 8	7.0	8.4
<b>*TEXTURA</b>					
Arena	%	---	---	90.2	91.2
Limo	%	---	---	3.7	4.8
Arcilla	%	---	---	6	4
TIPO DE SUELO		---	---	Franco Arenoso	Franco Arenoso
TPH	mg/kg	0.5	200	< 100	536

\*Anexo 2: Criterios de calidad del suelo

\*Anexo 3: Criterios de remediación (valores máximos permisibles)

\*ACIDEZ, CONDUCTIVIDAD, HUMEDAD, MATERIA ORGÁNICA, pH, TEXTURA: para estos parámetros se consideró las recomendaciones del INIGEMM, respecto a la valoración de la calidad inicial del suelo según su uso "minería aluvial". Y así poder comparar los resultados entre los obtenidos en la línea base con los obtenidos en el punto crítico de la contaminación donde las concesiones mineras hacen lavado de sustancias residuales sobre el cauce y orillas del río Pita.

(OSP, 2013)



En base a los sub-anexos 2 y 3 del Libro VI del Anexo 2 del TULSMA, se interpreta los resultados obtenidos, que se exponen en la Tabla 34.

### **Acidez**

Para los dos puntos de ensayo en el sendero Rumibosque y en el punto crítico de la contaminación donde operan las concesiones mineras no se detectó este parámetro, por lo tanto no se determinó la base fuerte requerida para llevar el pH del suelo a un valor conforme (Wikipedia, 2013).

### **Conductividad**

Este parámetro cumple con la normativa ambiental para los dos puntos de ensayo, sin embargo en comparación entre valor del punto 1 que es 0.13  $\mu\text{s}/\text{cm}$  y en el punto 2, es 0.08. Se demuestra una baja transferencia de electrones en el punto crítico de la contaminación, pero aun así significa que no afecta al desarrollo de la cobertura vegetal ya que este parámetro y los valores obtenidos identificaron que es un suelo no salino y permite el crecimiento y tolerancia de las plantas de ese lugar (Wikipedia, 2013).

### **Humedad**

La humedad para el punto 1 en % (p/p), es de 29.8, mientras que para el punto 2 es de 24.2, indicando la importancia del contenido de agua que presenta el suelo y que se incorpora junto con la cantidad de aire, una de las características más importantes que se comprueba son: cambios en el volumen, en la cohesión y en la estabilidad mecánica, debido a la influencia de la actividad minera. Es decir la cantidad de agua por volumen de tierra que hay en el terreno en condiciones normales. Por lo tanto el valor 29.8 representa el 100% de humedad para ser constituyente en la formación, conservación, fertilidad y productividad del suelo, así como para la germinación, crecimiento y desarrollo de las plantas cultivadas. Mientras que para el punto 2, crítico de la contaminación el valor 24.2 representa un 81.2%.

Es decir que el suelo en condiciones normales ha perdido 18 % del contenido de humedad referente a la línea base (Wikipedia, 2013).

### **Materia Orgánica**

Los valores obtenidos para el punto 1 y 2, son de 0.7 y 0.9 respectivamente en unidades de % (p/p), esto indica que el suelo presenta una alta tolerancia a la contaminación ambiental, y que sin embargo así crecen plantas alrededor del cauce del río Pita pero no en el sedimento. El mayor valor de materia orgánica correspondiente para el punto crítico de la contaminación, esto se debe a los residuos de procedencia animal o vegetal producto de la actividad minera y actividades: ganaderas; pastoreo; y agricultura, sedentarias aguas abajo después del sendero Rumibosque, además del color oscuro característico de poseer un alto contenido de materia orgánica. Por lo tanto el contenido de materia orgánica es apto para el desarrollo de una reforestación, como medio de compensación por medio de las concesiones mineras para el desarrollo de cobertura vegetal (Wikipedia, 2013).

### **Potencial de Hidrógeno**

El pH para el punto uno es de 7.0, significa que es neutro y cumple netamente con los rangos establecidos de la calidad de suelo y remediación para la normativa ambiental, es decir en el sendero Rumibosque el suelo no es ni ácido ni alcalino siendo apto para su uso, empeño en agricultura, cultivos, etcétera. Mientras para el punto dos el pH es de 8.4, representando un suelo moderadamente alcalino, es decir tiene estructura pobre y densa, con baja capacidad de infiltración y lenta permeabilidad, también poseen a menudo una capa calcárea compacta a una profundidad de 0.5 - 1 m. Siendo difícil de cultivar para la agricultura, esto se debe a: la presencia de minerales que bajo condiciones climáticas se descomponen liberando el carbonato de sodio, minerales que son removidos y reposan por la influencia de la actividad minera; y por la aplicación de agua de riego con contenido relativamente alto de

bicarbonato de sodio, de forma que el carbonato se disuelve en el sedimento del cauce del río Pita (Wikipedia, 2013).

### **Textura**

Los porcentajes de textura para los dos puntos de ensayo fueron: de arena 90.2 para el punto 1, y 91.2 para el punto 2.; de limo 3.7 para el punto 1, y 4.8 para el punto 2.; y de arcilla 6 para el punto 1 y 4 para el punto 2. Los valores de porcentaje con respecto a la arena, indican que el tipo del suelo identificado según la Figura 12 de la metodología de estudio es Franco Arenoso para los dos puntos de ensayo, esto significa que tiene más arena que suelo franco, pero que sin embargo las plantas resultan de mejor crecimiento en este tipo de suelos. Para los porcentajes de limo se observa que no es un suelo tan compacto ni por la influencia del transporte y arrastre de material fino por acción de la sedimentación esto se debe al contenido de humedad y materia orgánica presente, finalmente el contenido de arcilla es mayor en el sendero Rumibosque debido a la presencia de humedad abundante lo que hace diluir el contenido de arcilla del suelo en el sedimento. La textura determinada corresponde a demostrar que hay la posibilidad de reforestar el área de explotación minera a media que se extraen los recursos, ya que se ha probado mediante este parámetro, que la condición del suelo es apta para el desarrollo y crecimiento de plantas o cobertura vegetal para mitigar los impactos negativos ambientales producidos por las concesiones (Wikipedia, 2013).

### **Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH)**

Este parámetro es el que representa mayor relevancia de contaminación en el punto 2, presentado un valor de 536 mg/kg, en el muestreo compuesto realizado, lo que indica que está muy por encima de la normativa ambiental tanto como para criterios de calidad de suelo, así como para criterios de remediación, y a diferencia del suelo determinado en el sendero Rumibosque que presentó un valor <100 mg/kg, lo que resulta evidente la contaminación

producida en el punto crítico de la contaminación en el cauce del río Pita por el lavado de material y sustancias tóxicas que se hacen en ese punto, sin tratamiento alguno (Wikipedia, 2013). Es decir los representantes de las concesiones mineras atentan contra el medio ambiente, lo que define una compensación inmediata para este problema, o a su vez remediar el suelo para bajar ese resultado a 200 mg/kg de TPH para considerar el suelo remediado, y que se prohíba el lavado de material en el río Por su impacto grave a la salud de las personas y medio ambiente. Ya que las operaciones perduraran por 25 años más con múltiples derivaciones del petróleo crudo y uso de mezclas de productos químicos, compuestos principalmente de hidrógeno y carbono, llamados hidrocarburos. Entre los efectos devastadores de los TPH, de no ser corregido, se encuentran: los causantes de enfermedades en el sistema nervioso, dolores de cabeza, mareo cuando se evapora en el aire y se transpira, afecta a pulmones, ojos, piel, y sistema inmunológico; y contaminación ambiental irreversible (Wikipedia, 2013).

#### **4.7.- RESULTADO CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DE CALIDAD DE AIRE**

En conforme a los dos puntos de ensayo que se plantearon en la metodología para caracterización y análisis de calidad de aire en el **(punto 3.6.7.1)** del presente proyecto de investigación, se procedió a la entrega de los resultados tanto como para la ubicación de los puntos de muestreo, así como para los convenientes análisis.

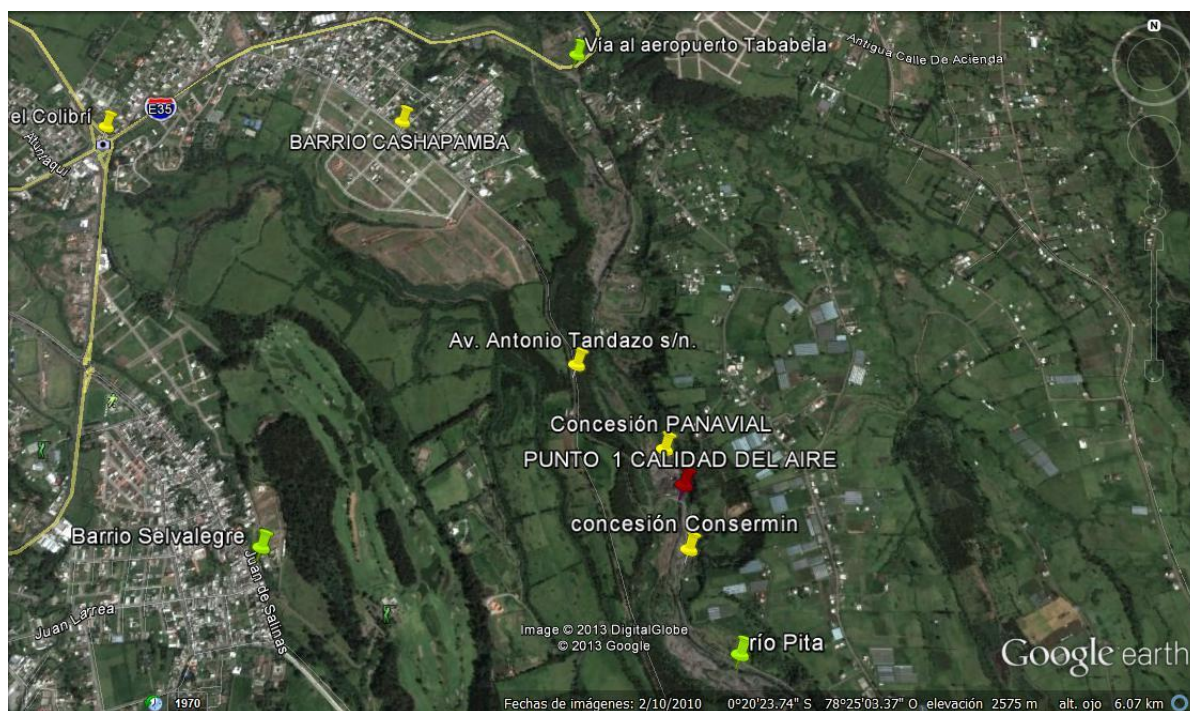
Los dos ensayos para caracterizar y analizar la calidad de aire en el punto crítico de la contaminación, donde operan las concesiones mineras y en el Barrio Cashapamba, tuvieron lugar y fecha el día el jueves 7 de noviembre de 2013 desde las 12:00 pm hasta las 15:30 pm. Obteniendo los siguientes resultados.

#### 4.7.1.- PUNTO (1) CONTAMINACIÓN CRÍTICA (DONDE OPERAN LAS CONCESIONES MINERAS) “AIRE”

El Punto 1, donde se realizó el primer ensayo de calidad de aire, punto situado en la zona crítica de la contaminación donde laboran las actividades mineras, puede ser observado en la Tabla 35 y Figura 73, la ubicación y coordenadas UTM geo-referenciadas.

**Tabla 35.** Coordenadas Punto (1) “aire”, “Puente sobre Río Pita” (Concesiones mineras, Punto Crítico de Contaminación)

COORDENADAS UTM (Zona 17M)	X	Y	ALTURA	FECHA Y HORA	Radio
Punto (1) "aire" "Contaminación, actividad minera"	0787696	9961911	2577 m.s.n.m.	07/11/2013 a las 12:30 PM	8 km2.



**Figura 73.** Ubicación Punto (1), muestreo análisis calidad de aire en el punto crítico de la contaminación (operación de las concesiones mineras) (Google Earth, 2013)

Además las imágenes tomadas durante el ensayo en este punto se observan en el **(Anexo 21)**, correspondientes al muestreo de calidad de aire para el ensayo 1 crítico de la contaminación ambiental en las concesiones mineras.

Para presentar los resultados obtenidos y comparados con el Anexo 4 del Libro VI del TULSMA, fue necesario presentar los resultados en el siguiente orden: **i)** mediciones y promedio del monitoreo para el punto (1), calidad de aire; **ii)** gráficas de las tendencias de los parámetros de análisis de calidad de aire, para el punto (1); **iii)** conversión de unidades para análisis y comparación de resultados de calidad de aire para el punto (1); **iv)** resultados obtenidos de los parámetros de calidad de aire para el punto (1), frente a la normativa ambiental del Anexo 4 del TULSMA; y **v)** índice de calidad de aire para el punto (1). Y se detallan de la siguiente manera.

#### **4.7.1.1.- Mediciones y promedio del monitoreo para el punto (1), calidad de aire**

Como se expuso en la metodología de la investigación en el **(punto 3.6.7.4)**, sobre el método para el muestreo de análisis de calidad de aire, se determinaron 6 mediciones durante 1 hora, cada medición fue registrada cada 10 minutos por reloj, y posteriormente sacar un promedio de las 6 medidas y así comparar con la normativa ambiental.

En la Tabla 36, se observan estas mediciones y promedio para el punto (1) de análisis de calidad de aire.

**Tabla 36.** Medidas y promedio para el punto (1), análisis de calidad de aire

UNIDADES	PARÁMETROS/*Mi	1	2	3	4	5	6	* $\bar{X}$
Ppb	OZONO (O3)	28	20	23	22	24	25	23.7
%	OXÍGENO	20	20.5	20.6	20.7	20.7	20.9	20.6
Ppm	MONÓXIDO DE CARBONO (CO)	4.8	0.8	5.3	8.8	2.4	6.3	4.7
µg/m3	MATERIAL PARTICULADO (PM10)	129	559	224	189	550	275	321
Ppm	DIÓXIDO DE CARBONO	263	262	269	255	260	257	261
%	HUMEDAD RELATIVA	58	31	36	41	43	39	41.3
° (grados Celsius)	TEMPERATURA	28.1	29.5	30.7	28	28	29	28.9
Ppm	COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES (COVs)	11826	12713	0.1	0.32	0.10	0.15	4090
Según los 360° geográficos, en intervalos	*DIRECCIÓN DEL VIENTO	197	173	135	235	161	167	178
k/h	VELOCIDAD DEL VIENTO	5.7	6.0	8.8	6.1	3.7	9.7	6.7
Ppm	DIÓXIDO DE AZUFRE (SO2)	0	1	0.7	0	0	0	0.28
Ppm	DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO2)	0	0	0	0	0	0	0

\*Mi: es la medida inicial desde la número 1 hasta la número 6

\*  $\bar{X}$ : es el promedio resultante de la sumatoria de las medidas obtenidas para cada parámetro, dividido para el número de medidas (6)

#### 4.7.1.2.- Conversión de unidades para análisis y comparación de resultados de calidad de aire para el punto (1)

Para poder interpretar los resultados con la normativa ambiental del Anexo 4 del TULSMA, es necesario transformar las unidades que se obtuvieron en ppm y ppb a µg/m3, ya que la normativa ambiental sólo expresa parámetros en estas unidades al igual que la determinación del Índice de calidad de aire según el IQCA. De esta manera en acorde a la **(Tabla 10 de la presente investigación)**,

y en conforme al Anexo 4 del TULSMA, se convirtió únicamente los promedios de los contaminantes de: **(CO)**, **(O3)** y **(SO<sub>2</sub>)**; mientras que para **(PM<sub>10</sub>)**, el instrumento dio las medidas en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; y para **(NO<sub>2</sub>)** no fue necesaria la transformación, ya que en los dos puntos de ensayo resultaron 0. A continuación se muestran las conversiones de los tres primeros contaminantes mencionados en este apartado y en base a la fórmula [2] del **(punto 3.6.7.4)**, del presente proyecto de investigación.

### **(CO)**

$$1 \text{ ppm} = 1,000 \text{ ppb}$$

$$\text{Por lo tanto: } 4.7 \text{ ppm} = 4700 \text{ ppb} \quad \times \quad 28,01 \text{ g/mol (peso molecular)} / 24,45 = \mathbf{5384 \mu\text{g}/\text{m}^3}$$

### **(O3)**

$$1 \text{ ppm} = 1,000 \text{ ppb}$$

$$\text{Por lo tanto: } 23.7 \text{ ppb} \times 48 \text{ g/mol (peso molecular)} / 24,45 = \mathbf{46.53 \mu\text{g}/\text{m}^3}$$

### **(SO<sub>2</sub>)**

$$1 \text{ ppm} = 1,000 \text{ ppb}$$

$$\text{Por lo tanto: } 0.28 \text{ ppm} = 280 \text{ ppb} \quad \times \quad 64,066 \text{ g/mol (peso molecular)} / 24,45 = \mathbf{733.68 \mu\text{g}/\text{m}^3}$$

Cabe recalcar que los valores obtenidos antes de la conversión de unidades, ya dieron su lectura como datos corregidos, es decir el equipo (Haz-scanner EPAS), modelo HIM-6000, de la Universidad Politécnica Salesiana emite valores corregidos mediante su “*calibración automática*”, estando sujetos a las condiciones de referencia de: 25 °C y 760 mm Hg.; y ajustándose al medio de la localidad donde operan las concesiones mineras.



#### 4.7.1.3.- Resultados obtenidos de los parámetros de calidad de aire para el punto (1) frente a la normativa ambiental del Anexo 4 del TULSMA

**Tabla 37.** Resultados parámetros de calidad de aire en el punto (1) contaminación crítica (donde operan las concesiones mineras)

PARÁMETROS	UNIDADES	*RESULTADOS (Promedio de 6 mediciones)	TULSMA, LIBRO VI ANEXO 4 *Título (4.1.2.1)	CUMPLIMIENTO NORMATIVA SI/NO
OZONO (O3)	µg/m3	46.53	160	SI
OXÍGENO	%	20.6	---	---
MONÓXIDO DE CARBONO (CO)	µg/m3	5384	40000	SI
MATERIAL PARTICULADO (PM10)	µg/m3	321	6.25	NO
DIÓXIDO DE CARBONO	ppm	261	---	---
HUMEDAD RELATIVA	%	41.3	---	---
TEMPERATURA	° (grados Celsius)	28.9	---	---
COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES (COVs)	ppm	4090	---	---
*DIRECCIÓN DEL VIENTO	Según los 360° geográficos, en intervalos	178	---	---
VELOCIDAD DEL VIENTO	k/h	6.7	---	---
DIÓXIDO DE AZUFRE (SO2)	µg/m3	733.68	14.58	NO
DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO2)	µg/m3	0	6.25	SI

\*La dirección de viento utiliza la escala de estrella de puntos cardinales, como la brújula básica, y se puede leer en un graduador (Rosa de los Vientos)

\* Los valores de los resultados es el valor (promedio), apreciados en el **(punto 4.7.1.1)**, correspondiente a las 6 mediciones durante una hora que se registró durante 10 minutos cada una y sus respectivas tendencias. Además se toma en cuenta las respectivas conversiones de unidades para comparar con el límite permisible en base a la formula [2], transformaciones que se hicieron en el **(punto 4.7.1.3)**

\*Título (4.1.2.1), es el valor del límite máximo permisible para una hora de exposición.

La Tabla 37 precedentemente expuesta, muestra los resultados de los parámetros analizados para caracterización y análisis de calidad de aire en el punto crítico de la contaminación ambiental, que determinó el equipo (Haz-scanner EPAS), modelo HIM-6000, para la verificación del cumplimiento de la normativa ambiental del Anexo 4 del TULSMA. Y en base a los parámetros y métodos expuestos en los **(puntos 3.6.7.3 y 3.6.7.4)**, del presente proyecto de investigación. En la Tabla 38, se observan tres conformidades de los parámetros de contaminación, acorde a la normativa ambiental del Anexo 4 del TULSMA, y son: ozono (O<sub>3</sub>), monóxido de carbono (CO), y dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>). Estos tres contaminantes cumplen con límite máximo permisible de exposición para una hora laboral. Mientras los contaminantes que no cumplen son: el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), y el material particulado (PM<sub>10</sub>). Dadas estas condiciones para los dos parámetros de incumplimiento, las concesiones mineras deben corregir o mitigar el impacto ambiental de estos dos parámetros que se encuentran como no conformidades. Para los demás parámetros no existe una normativa vigente que regule estos contaminantes dentro del Libro VI del TULSMA en el Ecuador, sin embargo en la comparación de los parámetros obtenidos en el **(punto 4.7.3)**, de la presente investigación. Se interpretan estos resultados en base a los adquiridos en el Barrio Cashapamba.

#### **4.7.1.5.- Índice de calidad de aire para el punto (1), donde operan las concesiones mineras**

En base a las Tablas: Tabla 10, de límites numéricos de cada categoría del IQCA ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ); y Tabla 11, sobre los rangos, significados, y colores de las categorías del IQCA. Expuestas en el **(punto 3.6.7.4)**, en la metodología de la presente investigación, se determinó el índice de calidad de aire para el punto (1), lugar crítico de la contaminación donde operan las concesiones mineras, de la siguiente manera, interpretada en la Tabla 38.

**Tabla 38.** Índice de calidad de aire en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , en el punto (1) contaminación crítica donde operan las concesiones mineras.

Contaminante	Resultado vs. *Rango	*Rangos	Categoría	Condición desde el punto de vista salud	Color de identificación
<b>*a (CO)</b>	<b>46672</b> (>40000)	400 - 500	Nivel de emergencia	Peligrosa para toda la población	Rojo
<b>*b (O<sub>3</sub>)</b>	<b>46.5</b> (0 -80)	0 - 50	Nivel deseable	Óptima	Blanco
<b>*c (NO<sub>2</sub>)</b>	<b>0</b> (0 -75)	0 - 50	Nivel deseable	Óptima	Blanco
<b>*d (SO<sub>2</sub>)</b>	<b>17608.3</b> (>2100)	400 - 500	Nivel de emergencia	Peligrosa para toda la población	Rojo
<b>*e (PM<sub>10</sub>)</b>	<b>7704</b> (>500)	400 - 500	Nivel de emergencia	Peligrosa para toda la población	Rojo

\*a. Se refiere a la concentración promedio en ocho horas

\*b. Se refiere a la concentración promedio en una hora de los oxidantes fotoquímicos (ozono)

\*c. Se refiere a la concentración máxima en 24 horas de los óxidos de nitrógeno

\*d. Se refiere a la concentración promedio en 24 horas

\*e. Se refiere a la concentración máximas en 24 horas de material particulado de diámetro aerodinámico menor o igual a  $10 \mu\text{m}$ .

\* Rango: es el rango del contaminante para la ubicación en el límite de categoría

\*Rangos: son los rangos para la ubicación de los significados en la condición desde el punto de vista salud, y para el color de identificación

En la expuesta Tabla 38, se multiplico los valores obtenidos de las concentraciones de una hora de exposición que fue el tiempo en promedio que se hizo en el ensayo para el punto (1) crítico de la contaminación, para cumplir con las especificaciones referentes a la concentración promedio del tiempo de exposición que determina la Tabla 10, de la presente investigación respecto al IQCA, de la siguiente manera:

Para monóxido de carbono (CO), se multiplicó el valor  $5384 \mu\text{g}/\text{m}^3$  por 8 horas, dando  $46672 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .; para el ozono (O<sub>3</sub>), se multiplico el valor  $46.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  por 1 hora, dando  $46.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .; para el dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), se multiplico el

valor 0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  por 24 horas, dando 0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .; para el dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ), se multiplico el valor 733.68  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  por 24 horas, dando 17608.3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .; y para material particulado menor a 10 micrones ( $\text{PM}_{10}$ ), se multiplico el valor 321  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  por 24 horas, dando 7704  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

De esta manera se identificaron 3 grandes inconformidades en acorde al cumplimiento con la normativa ambiental para el índice de calidad de aire y son: el (CO), el ( $\text{SO}_2$ ), y el ( $\text{PM}_{10}$ ); resultando peligrosos para la salud de las personas. Mientras que el índice de calidad de aire en condiciones óptimas se encuentra el ozono ( $\text{O}_3$ ), y el dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ). Dando como resultado 2 conformidades satisfactorias

Así una vez expuestas estas condiciones se llega a la determinación de que el índice de calidad de aire, para el punto (1), crítico de la contaminación, y donde operan a diario y a doble turno las concesiones mineras **no es apto** para las viviendas aledañas, o en términos vulgares, invasiones que han ocupado el territorio dentro de la extensión que laboran las empresas mineras. Además en proyecciones de largo plazo la salud de los trabajadores está en riesgo ya que el proyecto minero continuará durante 25 años más. Los representantes y dueños de las concesiones, así como el Gobierno local GADMUR, y la ARCOM, deben ejercer mayor control y regulación sobre las fuentes de combustión (contaminación ambiental), para mitigar los impactos y mejorar la SSO (seguridad y salud ocupacional), de los trabajadores que laboran en esta diligencia minera.

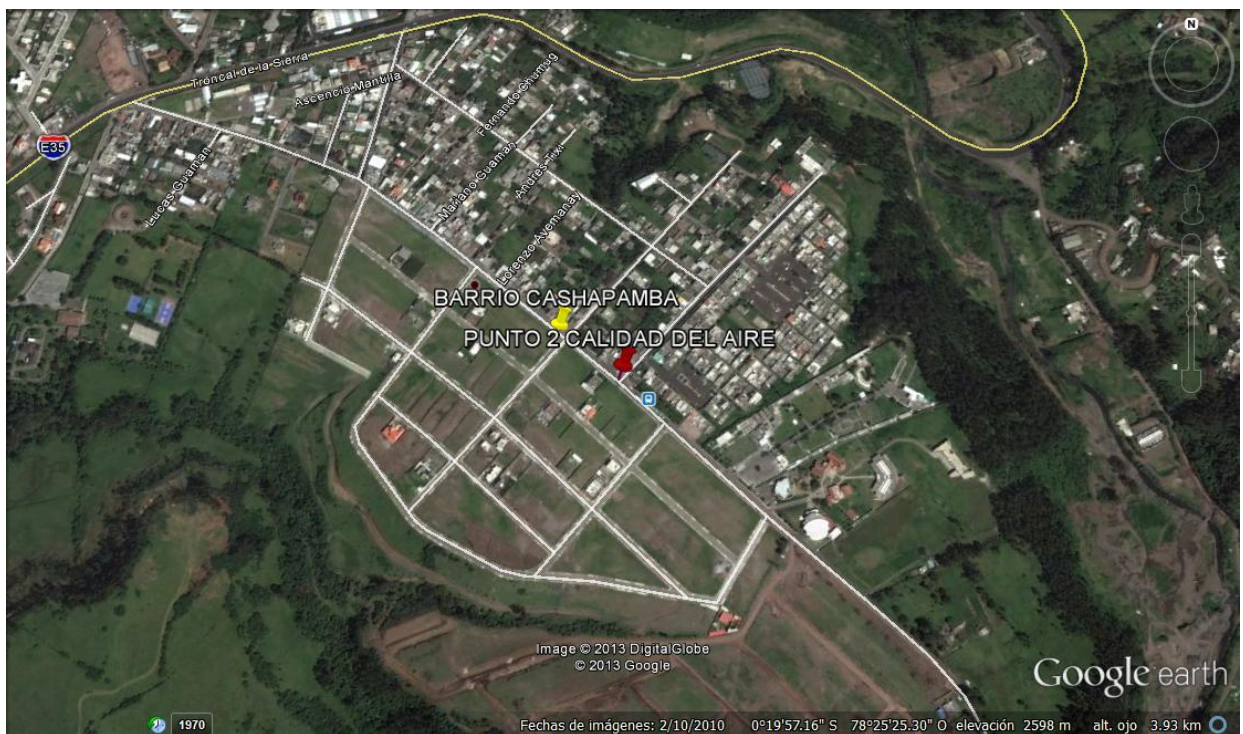
#### **4.7.2.- PUNTO (2) BARRIO CASHAPAMBA “AIRE”**

Para el Punto (2), situado en el centro del entorno del Barrio Cashapamba, se llevó a cabo este ensayo con el fin de evaluar la calidad de aire de los habitantes y comparar con la interpretación obtenida en el punto (1), crítico de

la contaminación donde operan las concesiones mineras, para de esa forma determinar la influencia de la actividad minera en el medio “*aire ambiente*”. Las coordenadas UTM geo-referenciadas y la ubicación geográfica del Barrio se pueden apreciar en la Tabla 39 y Figura 74.

**Tabla 39.** Coordenadas Punto (2) “aire”, Barrio Cashapamba

COORDENADAS UTM (Zona 17M)	X	Y	ALTURA	FECHA Y HORA	Radio
Punto (2) “aire” “Barrio Cashapamba”	0788797	9960431	2605 m.s.n.m.	07/11/2013 a las 14:00 PM	8 km2.



**Figura 74.** Ubicación Punto (2), muestreo análisis calidad de aire en el Barrio Cashapamba (Google Earth, 2013)

Las fotografías del muestreo y ensayo realizado para la determinación de calidad de aire para el punto (2), en el entorno del centro del Barrio Cashapamba se pueden observar en el **(Anexo 22)**.

Igualmente que en el punto (1), para el Barrio Cashapamba punto (2), los resultados obtenidos y comparados con el Anexo 4 del Libro VI del TULSMA, fue necesario presentarlos, en el siguiente orden: **i)** mediciones y promedio del monitoreo para el punto (2), calidad de aire; **ii)** gráficas de las tendencias de los parámetros de análisis de calidad de aire, para el punto (2); **iii)** conversión de unidades para análisis y comparación de resultados de calidad de aire para el punto (2); **iv)** resultados obtenidos de los parámetros de calidad de aire para el punto (2), frente a la normativa ambiental del Anexo 4 del TULSMA; y **v)** índice de calidad de aire para el punto (2), Barrio Cashapamba. Y se detallan del siguiente modo.

#### **4.7.2.1.- Mediciones y promedio del monitoreo para el punto (2), calidad de aire**

De la misma manera que para el punto (1), en el Barrio Cashapamba punto (2) se hizo el promedio de las 6 medidas obtenidas durante el ensayo para este punto. En la Tabla 40, se observan estas mediciones y promedio para el Barrio punto (2), de análisis de calidad de aire.

**Tabla 40.** Medidas y promedio para el punto (2), análisis de calidad de aire

UNIDADES	PARÁMETROS/*Mi	1	2	3	4	5	6	* $\bar{X}$
ppb	OZONO (O3)	25	28	28	24	27	27	26.5
%	OXÍGENO	20.8	20.6	20.7	27	20.7	21	21.8
ppm	MONÓXIDO DE CARBONO (CO)	0	0	0.3	0	0	0.3	0.1
µg/m3	MATERIAL PARTICULADO (PM10)	0	0	0	0	0	6	1
ppm	DIÓXIDO DE CARBONO	255	255	311	255	256	255	264.5
%	HUMEDAD RELATIVA	56	55	48	54	49	55	52.8
° (grados Celsius)	TEMPERATURA	22.6	23	25.2	24.1	22.6	23.2	23.5
ppm	COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES (COVs)	0	0	0.02	0	0.02	0.02	0.01
Según los 360° geográficos, en intervalos	*DIRECCIÓN DEL VIENTO	172	172	172	158	152	156	163.7
k/h	VELOCIDAD DEL VIENTO	198	8.3	16.5	12.8	6.6	14.3	42.8
ppm	DIÓXIDO DE AZUFRE (SO2)	0	0	0	0	0	0	0
ppm	DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO2)	0	0	0	0	0	0	0

\*Mi: es la medida inicial desde la número 1 hasta la número 6

\*  $\bar{X}$ : es el promedio, resultante de la sumatoria de las medidas obtenidas para cada parámetro, dividido para el número de medidas (6)

#### 4.7.2.2.- Conversión de unidades para análisis y comparación de resultados de calidad de aire para el punto (2)

De la misma manera que el punto (1), para el Barrio Cashapamba punto (2), En la interpretación de los resultados con la normativa ambiental del Anexo 4 del TULSMA, fue necesario transformar las unidades que se obtuvieron en ppm y ppb a µg/m3, ya que la normativa ambiental sólo expresa parámetros en estas unidades al igual que la determinación del Índice de calidad de aire según el

IQCA. De esta manera en acorde a la **Tabla 10**, de la presente investigación y en conforme al Anexo 4 del TULSMA, se convirtió únicamente los promedios de los contaminantes de: **(CO)**, y **(O3)**; mientras que para **(PM10)**, el instrumento dio las medidas en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; y para **(NO2)**, y **(SO2)** no fue necesaria la transformación, ya que resulto 0 en los dos contaminantes para el ensayo 2 en el Barrio Cashapamba. A continuación se muestran las conversiones de los dos primeros contaminantes mencionados en este apartado y en base a la fórmula [2] del **(punto 3.6.7.4)**, del presente proyecto de investigación.

### **(CO)**

$$1 \text{ ppm} = 1,000 \text{ ppb}$$

$$\text{Por lo tanto: } 0.1 \text{ ppm} = 100 \text{ ppb} \quad \times \quad 28,01 \text{ g/mol (peso molecular)} / 24,45 =$$

**114.56  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**

### **(O3)**

$$1 \text{ ppm} = 1,000 \text{ ppb}$$

$$\text{Por lo tanto: } 26.5 \text{ ppb} \times 48 \text{ g/mol (peso molecular)} / 24,45 = \mathbf{52.02 \mu\text{g}/\text{m}^3}$$

Asimismo cabe aclarar que los valores obtenidos antes de la conversión de unidades, ya dieron su lectura como datos corregidos, es decir el equipo (Haz-scanner EPAS), modelo HIM-6000, de la Universidad Politécnica Salesiana emite valores corregidos mediante su “calibración automática”, estando sujetos a las condiciones de referencia de: 25 °C y 760 mm Hg.; y ajustándose al medio de la localidad del Barrio Cashapamba.

#### **4.7.2.4.- Resultados obtenidos de los parámetros de calidad de aire para el punto (2) frente a la normativa ambiental del Anexo 4 del TULSMA**

A constancia se presenta en la Tabla 41, los resultados de los parámetros analizados para caracterización y análisis de calidad de aire en el Barrio



Cashapamba punto (2), que determinó el equipo (Haz-scanner EPAS), modelo HIM-6000, para la verificación del cumplimiento de la normativa ambiental del Anexo 4 del TULSMA. Y en base a los parámetros y métodos expuestos en el punto (3.6.7.3 y 3.6.7.4), del presente proyecto de investigación.

**Tabla 41.** Resultados parámetros de calidad de aire en el punto (2) Barrio Cashapamba

PARÁMETROS	UNIDADES	*RESULTADOS (Promedio de 6 mediciones)	TULSMA, LIBRO VI ANEXO 4 *Título (4.1.2.1)	CUMPLIMIENTO NORMATIVA SI/NO
OZONO (O3)	µg/m3	52.02	160	SI
OXÍGENO	%	21.8	---	---
MONÓXIDO DE CARBONO (CO)	µg/m3	114.56	40000	SI
MATERIAL PARTICULADO (PM10)	µg/m3	1	6.25	SI
DIÓXIDO DE CARBONO	Ppm	264.5	---	---
HUMEDAD RELATIVA	%	52.8	---	---
TEMPERATURA	° (grados Celsius)	23.5	---	---
COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES (COVs)	Ppm	0.01	---	---
*DIRECCIÓN DEL VIENTO	Según los 360° geográficos, en intervalos	163.7	---	---
VELOCIDAD DEL VIENTO	k/h	42.8	---	---
DIÓXIDO DE AZUFRE (SO2)	µg/m3	0	14.58	SI
DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO2)	µg/m3	0	6.25	SI

\*La dirección de viento utiliza la escala de estrella de puntos cardinales, como la brújula básica, y se puede leer en un graduador (Rosa de los Vientos)

\* Los valores de los resultados es el valor (promedio), apreciados en el (punto 4.7.2.1), correspondiente a las 6 mediciones durante una hora que se registró durante 10 minutos cada una y sus respectivas tendencias. Además se toman en cuenta las respectivas conversiones de unidades para comparar con el límite permisible en base a la formula [2], transformaciones que se hicieron en el (punto 4.7.2.3)

\*Título (4.1.2.1), es el valor del límite máximo permisible para una hora de exposición.

En la mostrada Tabla 41, se observan que todos los valores resultantes de los parámetros de contaminación de: de: ozono (O<sub>3</sub>), monóxido de carbono (CO), material particulado (PM<sub>10</sub>), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), y dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>). Cumplen con la normativa ambiental, lo cual significa que la calidad de aire ambiente es apta para los habitantes del Barrio Cashapamba en conforme a todos los parámetros analizados, referentes a la normativa ambiental del libro VI, Anexo 4 del TULSMA.

Mientras que para los demás parámetros no existe una normativa vigente que regule estos contaminantes dentro del Libro VI del TULSMA en el Ecuador, sin embargo presentan valores totalmente permisibles referentes al punto (1) donde la contaminación en el medio aire es grave. Posteriormente en la comparación de los parámetros obtenidos en el **(punto 4.7.3)**, de la presente investigación. Se interpretan estos resultados en base a los adquiridos en el Barrio, frente a los valores del punto (1), ensayo crítico de la contaminación ambiental donde operan las concesiones mineras.

#### **4.7.2.5.- Índice de calidad de aire para el punto (2)**

Igualmente que el punto (1), para el Barrio Cashapamba punto (2), basándose en las Tablas: Tabla 10, de límites numéricos de cada categoría del IQCA ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ); y Tabla 11, sobre los rangos, significados, y colores de las categorías del IQCA. Expuestas en el **(punto 3.6.7.4)**, en la metodología de la presente investigación, se determinó el índice de calidad de aire para el punto (2), en el entorno del centro del Barrio Cashapamba, de la siguiente manera, interpretada en la Tabla 42.

**Tabla 42.** Índice de calidad de aire en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , en el punto (2) Barrio Cashapamba

Contaminante	Resultado vs. *Rango	*Rangos	Categoría	Condición desde el punto de vista salud	Color de identificación
*a (CO)	<b>916.48</b> (0 - 5000)	0 - 50	Nivel deseable	Óptima	Blanco
*b (O <sub>3</sub> )	<b>52.02</b> (0 -80)	0 - 50	Nivel deseable	Óptima	Blanco
*c (NO <sub>2</sub> )	<b>0</b> (0 -75)	0 - 50	Nivel deseable	Óptima	Blanco
*d (SO <sub>2</sub> )	<b>0</b> (0 -175)	0 - 50	Nivel deseable	Óptima	Blanco
*e (PM <sub>10</sub> )	<b>24</b> (0 - 50)	0 - 50	Nivel deseable	Óptima	Blanco

\*a. Se refiere a la concentración promedio en ocho horas

\*b. Se refiere a la concentración promedio en una hora de los oxidantes fotoquímicos (ozono)

\*c. Se refiere a la concentración máxima en 24 horas de los óxidos de nitrógeno

\*d. Se refiere a la concentración promedio en 24 horas

\*e. Se refiere a la concentración máximas en 24 horas de material particulado de diámetro aerodinámico menor o igual a  $10 \mu\text{m}$ .

\* Rango: es el rango del contaminante para la ubicación en el límite de categoría

\*Rangos: son los rangos para la ubicación de los significados en la condición desde el punto de vista salud, y para el color de identificación

En la expuesta Tabla 42, se multiplico los valores obtenidos de las concentraciones de una hora de exposición que fue el tiempo en promedio que se realizó en el ensayo para el punto (2) en el entorno del centro del Barrio Cashapamba, para cumplir con las especificaciones referentes a la concentración promedio del tiempo de exposición que determina la Tabla 10, de la presente investigación respecto al IQCA, de la siguiente manera:

Para monóxido de carbono (CO), se multiplicó el valor  $114.56 \mu\text{g}/\text{m}^3$  por 8 horas, dando  $916.48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .; para el ozono (O<sub>3</sub>), se multiplico el valor  $52.02 \mu\text{g}/\text{m}^3$  por 1 hora, dando  $52.02 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .; para el dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), se multiplico el valor  $0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  por 24 horas, dando  $0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .; para el dióxido de

azufre (SO<sub>2</sub>), se multiplico el valor 0 µg/m<sup>3</sup> por 24 horas, dando 0 µg/m<sup>3</sup>.; y para material particulado menor a 10 micrones (PM<sub>10</sub>), se multiplico el valor 1 µg/m<sup>3</sup> por 24 horas, dando 24 µg/m<sup>3</sup>. De esta manera no se identificó ninguna inconformidad en acorde al cumplimiento con la normativa ambiental para el índice de calidad de aire referente al IQCA. Resultando Óptima la calidad de aire para los habitantes del Barrio Cashapamba. Así una vez expuestas estas condiciones se llega a la determinación de que el índice de calidad de aire, para el punto (2), Barrio Cashapamba, donde residen cerca de 2000 habitantes **es apto** para ocupar el territorio, pero no en la zona donde operan las concesiones mineras, como ciertas viviendas aledañas o invasiones a lo largo del cauce del río Pita. Ya que el proyecto minero continuará durante 25 años más, haciendo que la calidad de aire cambie con el transcurso del tiempo en Cashapamba.

#### **4.7.3.- COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN EL ANÁLISIS DE CALIDAD DE AIRE**

La comparación del análisis de calidad de aire se presenta en dos formas: **i)** para los resultados obtenidos, mediante la lectura del equipo Haz-Scanner EPAS (modelo HIM - 6000), tendencias, y conversión de unidades frente a las especificaciones del Libro VI, Anexo 4 del TULSMA.; y **ii)** para la comparación de los resultados interpretados en la determinación del índice de calidad de aire, en base al IQCA.

##### **4.7.3.1.- Comparación de los resultados obtenidos, mediante la lectura del equipo Haz-Scanner EPAS (modelo HIM-6000), tendencias, y conversión de unidades frente a las especificaciones del Libro VI, Anexo 4 del TULSMA**

Una vez realizados los análisis individuales de calidad de aire, de los dos puntos de ensayo obtenidos en el campo in situ de estudio, se presenta la comparación de los resultados logrados, mediante la lectura que realizó el

equipo Haz-Scanner EPAS (modelo HIM-6000), y la conversión de unidades efectuadas frente a las especificaciones del Libro VI, Anexo 4 del TULSMA, insumos que pueden valorarse en la Tabla 43.

**Tabla 43.** Comparación parámetros de análisis de calidad de aire de los dos puntos de ensayo (mediante equipo Haz-Scanner EPAS)

PARÁMETROS	UNIDADES	TULSMA, LIBRO VI ANEXO 4 *Título (4.1.2.1)	Punto (1)	Punto (2)
OZONO (O3)	µg/m3	160	46.53	52.02
OXÍGENO	%	---	20.6	21.8
MONÓXIDO DE CARBONO (CO)	µg/m3	40000	5384	114.56
MATERIAL PARTICULADO (PM10)	µg/m3	6.25	321	1
DIÓXIDO DE CARBONO	ppm	---	261	264.5
HUMEDAD RELATIVA	%	---	41.3	52.8
TEMPERATURA	° (grados Celsius)	---	28.9	23.5
COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES (COVs)	ppm	---	4090	0.01
*DIRECCIÓN DEL VIENTO	Según los 360° g., en intervalos	---	178	163.7
VELOCIDAD DEL VIENTO	k/h	---	6.7	42.8
DIÓXIDO DE AZUFRE (SO2)	µg/m3	14.58	733.68	0
DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO2)	µg/m3	6.25	0	0

\*Título (4.1.2.1), es el valor del límite máximo permisible para una hora de exposición, adquirido del Libro VI, Anexo 4, del TULSMA.

En base al título (4.1.2.1) del Libro VI, Anexo 4 del TULSMA: y a los insumos de los dos puntos de ensayo obtenidos para análisis de calidad de aire mediante el equipo (Haz-Scanner EPAS), expuestos en la Tabla 43, se interpreta los resultados de la siguiente forma:

### **Ozono (O<sub>3</sub>)**

El ozono para los dos puntos de ensayo presenta valores que cumplen con la normativa, muy por debajo del límite permisible de exposición a una hora, para el punto (1) 46.53 µg/m<sup>3</sup>, y para el punto (2) 52.02 µg/m<sup>3</sup> siendo el límite 160 µg/m<sup>3</sup>. Para el punto (2) el ozono es más elevado debido a la altura en el barrio que equidista de las concesiones mineras por las reacciones de contaminantes primarios, provocados por los vehículos pesados y livianos que pasan por la avenida Antonio Tandazo.

### **Oxígeno**

En el punto (2), Barrio Cashapamba, se presenta un mayor porcentaje de oxígeno 21.8, disuelto en la atmósfera, esto debido a que no se encuentra en un sendero, como es el caso del punto (1), donde funcionan las actividades mineras, presentando un valor de 20.6, pero que sin embargo, estas tendencias no varían en gran medida, sino que se mantienen de acuerdo a las gráficas de tendencias presentadas para los dos puntos de ensayo. Lo que resulta existente una gran cantidad de organismos fotosintetizadores (cianobacterias), permitiendo que a través de sus membranas y complejo enzimático realicen el metabolismo fotosintético. Además la capa de ozono resulta estable para los dos puntos de ensayo debido a que no se detectó la presencia de óxidos de nitrógeno.

### **Monóxido de Carbono (CO)**

La presencia de monóxido de carbono es mayor en el punto crítico de la contaminación, debido a las fuentes antropogénicas de la actividad minera que son: las fuentes móviles como las volquetas (vehículo pesado), transporte.; y las fuentes fijas que son las plantas de combustión donde se transforma el material pétreo, presentando un valor de 5384 µg/m<sup>3</sup>, mientras que para el Barrio Cashapamba presenta un valor de 114.56 µg/m<sup>3</sup>, debido a la presencia de vehículo liviano, buses, y el paso de las volquetas por la avenida Antonio Tandazo. El valor permisible es 40000 µg/m<sup>3</sup>. Lo cual resulta aceptable su

exposición para una hora en los dos lugares, pero las diferencias entre los dos puntos tiene una gran variación resultante de sus tendencias, como se mostró en las gráficas exhibidas.

### **Material Particulado (PM<sub>10</sub>)**

El (PM<sub>10</sub>), presentado en el punto (1), muestra un valor muy por encima de la normativa para una hora de exposición con un valor de 321 µg/m<sup>3</sup>, estando arriba del límite permisible que es 6.25 µg/m<sup>3</sup>, mientras que para el Barrio Cashapamba muestra a penas un valor de 1 µg/m<sup>3</sup> cumpliendo con la normativa ambiental, esta diferencia de valores presentadas en las gráficas de las tendencias se debe a la emisión por las fuentes fijas y móviles de combustión tales como: partículas sólidas o líquidas de polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, y cemento, que se encuentran dispersas en la atmósfera, donde operan las concesiones mineras y en menor proporción en el Barrio, y cuyo diámetro es menor que 10. Cabe recalcar que al equipo Haz Scanner Epas de la UPS también puede implementar sensores para leer partículas menores a 2.5. Y determinar contaminantes de ese tipo de diámetro.

### **Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)**

Las tendencias de este contaminante en sus dos puntos de ensayo oscilan entre 261 y 264.5 ppm, actualmente no hay una normativa vigente para este parámetro, solo lo hay para el monóxido de carbono, sin embargo en el punto (2) Barrio Cashapamba se presenta un ligero incremento debido a que el equipo se colocó en la calle principal Antonio Tandazo, donde durante el ensayo circulaban vehículo pesado, y liviano. Es importante que se establezca un límite permisible para regular este contaminante, pero se debe a un cambio estructural, ya que todos los vehículos funcionan en su mayoría a gasolina y diésel, lo que hace eminente la contaminación en todo el mundo, contribuyendo al calentamiento global.

### **Humedad Relativa**

La humedad relativa se mide en porcentaje, y en cierto modo determina la evaporación existente del vapor de agua debido al cauce del río Pita que es el cuerpo de agua más cercano inmediato en el entorno del Barrio Cashapamba. Los valores determinados fueron 41.3 % en el punto (1), y 52.8 (2), estas variaciones dentro de las tendencias expuestas se deben a la vegetación presente en cada punto, y la temperatura determinada, por ello en el Barrio Cashapamba, se muestra un ligero incremento por la altura referente a las concesiones mineras que se aproxima a 100m de elevación de diferencia. De esta manera se considera que la humedad del aire para los dos puntos es estable, y contribuye al desarrollo de una reforestación por parte de las concesiones mineras, ya que aguas arriba donde yace la vertiente del río Pita tenemos temperaturas frías donde se forman nubes y atrae la lluvia.

### **Temperatura**

La temperatura para los dos puntos de ensayo fluctuó entre 28.9 °C para el punto (1), y 23.5°C para el punto (2), el incremento de temperatura para el punto 1 se debió a que el ensayo se efectuó a la hora del medio día, por ello presento una mayor noción caliente, mientras que para el Barrio Cashapamba el ensayo se efectuó en horas de la tarde presentando una temperatura ligeramente caliente, debido al desplazamiento de las masas de aire desde los páramos de las estribaciones del volcán Cotopaxi, Sincholagua y Rumiñahui. Donde yace el río Pita.

### **Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs)**

Este parámetro de contaminación, no cuenta actualmente con una normativa ambiental que lo regule, sin embargo los valores obtenidos para el punto (1) fueron alarmantes dando un promedio de 4090 ppm, cabe recalcar que este valor se dio porque en el transcurso del ensayo los sensores del equipo Haz Scanner Epas determinaron la quema de combustibles liberados por el procesamiento de la planta asfáltica y el desplazamiento de vehículos pesados



con este material. Mientras en el Barrio Cashapamba apenas dio un valor de 0.01 ppm, debido al transporte de vehículos pesados y livianos que pasan por la avenida Antonio Tandazo.

### **Dirección y Velocidad del Viento**

La dirección del viento es un factor muy importante para la determinación de los contaminantes ambientales producidos por la actividad minera, con el fin de determinar el desplazamiento en la atmósfera, es decir la disolución de los contaminantes en el aire, y la orientación a donde se trasladan. Esta dirección determinada en el sistema graduado de los 360° geográficos, en intervalos de la (rosa de los vientos), obtuvo los siguientes resultados: Para el punto (1) 178° geográficos a 6.7 K/h; y para el punto (2) 163.7° geográficos a 48.8 k/h, vientos provenientes desde el noroeste, dirigidos al sudeste. Es decir los vientos contribuyen al Barrio Cashapamba, haciendo que el desplazamiento de los contaminantes se dirijan a la provincia Napo, región Amazónica, desde las montañas del Cantón Quito, en la cordillera de los Andes donde hay más altura, soplando el viento desde ese punto ha menos altura donde se encuentra el Barrio Cashapamba y las concesiones mineras.

### **Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>)**

El dióxido de azufre presenta resultados alarmantes para el punto (1) con un valor de 733.68 µg/m<sup>3</sup> cuando el límite permisible es 314.58 µg/m<sup>3</sup> para una hora de exposición. Mientras que para el punto (2) en el Barrio Cashapamba no se dio ninguna lectura dando 0 µg/m<sup>3</sup>, es decir en el punto crítico de la contaminación se presenta incumpliendo de la normativa ambiental del Libro VI, Anexo 4 del TULSMA, y a largo plazo se presentan graves impactos por ser causante de la lluvia ácida, ya que aún restan 25 años de labores de trabajo. El origen de este contaminante se debe a las fuentes fijas de combustión de las plantas procesadoras de material pétreo, asfalto, y generadores eléctricos. Por representar una combustión Industrial.

## Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>)

Este contaminante no presentó lecturas de medición tanto como para el punto (1), crítico de la contaminación, ni para el punto (2) en el Barrio Cashapamba. Es decir las concesiones mineras y el centro poblado cumplen con la normativa vigente, resultando óptima la calidad de aire para este parámetro, que de no serlo, contribuye a ocasionar enfermedades en el sistema respiratorio y pulmones, además en general este contaminante se produce más en zonas urbanas más extensas que el centro poblado estudiado.

### 4.7.3.2.- Comparación de los resultados interpretados en la determinación del índice de calidad de aire, en base al IQCA

**Tabla 44.** Comparación parámetros de contaminantes del índice de calidad de aire de los dos puntos de ensayo (basados en el IQCA, en µg/m<sup>3</sup>)

Contaminante	*P(1) vs. Rango	*P(2) vs. Rango
(CO)	46672 (>40000)	916.48 (0 - 5000)
(O <sub>3</sub> )	46.5 (0 -80)	52.02 (0 -80)
(NO <sub>2</sub> )	0 (0 -75)	0 (0 -75)
(SO <sub>2</sub> )	17608.3 (>2100)	0 (0 -175)
(PM <sub>10</sub> )	7704 (>500)	24 (0 - 50)

\*P(1): es el punto crítico de la contaminación donde operan las concesiones mineras, y el rango es la ubicación del contaminante para el límite de categoría

\*P(2): es el entorno del centro del Barrio Cashapamba donde residen cerca de 2000 habitantes, y el rango es la ubicación del contaminante para el límite de Categoría.

“Los colores rojo o blanco son el color de identificación para los rangos y ubicación de los significados en la condición desde el punto de vista salud”.

La Tabla 44 expuesta, se fundamentó en las Tablas del IQCA: Tabla 10, de límites numéricos de cada categoría del IQCA ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ); y Tabla 11, sobre los rangos, significados, y colores de las categorías del IQCA, expuestas en el **(punto 3.6.7.4)**, en la metodología de la presente investigación. Se determinó la comparación de los dos índices de calidad de aire obtenidos para los dos puntos de ensayo realizados, interpretada dicha asimilación en la Tabla 44.

Una vez mostrada la Tabla 44, de la comparación de parámetros de contaminantes del índice de calidad de aire de los dos puntos de ensayo (basados en el IQCA, en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), se interpreta los resultados de la siguiente manera:

#### **Monóxido de Carbono (CO)**

El estado de la calidad de aire para el punto (1), no es aceptable en cuanto a concentraciones de monóxido de carbono, ya que el valor promedio para 8 horas de exposición resultó de  $46672 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , dando un rango de entre 400 - 500, con categoría en nivel de emergencia siendo peligroso para toda la población y por ende su color rojo de identificación. Mientras que para el Barrio Cashapamba resultó  $916.48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , significa que está en rangos de 0 – 50 con calidad de aire, óptima y color blanco, para su identificación, en la categoría de nivel deseable. Eso se debe a la dirección y velocidad del viento expuestos anteriormente.

#### **Ozono (O<sub>3</sub>)**

El parámetro ozono, presenta valores óptimos para los dos puntos de ensayo con valores dentro de:  $46.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para el punto (1), y  $52.02 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para el punto(2), en una hora de exposición para oxidantes fotoquímicos, los rangos 0 – 50 del IQCA, ubican al ozono en la categoría de nivel deseable, siendo apta su exposición y que se identifican mediante color blanco. Es decir que la radiación solar y la capa de ozono evitan el smog fotoquímico mediante la

contaminación de contaminantes primarios, pero que no es inmune ya que en el lugar donde operan las concesiones mineras, hay un índice moderado de compuestos orgánicos volátiles, que a largo plazo incrementarían el nivel de ozono.

### **Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>)**

Este parámetro se ubica dentro del rango 0- 50 con lecturas de 0 µg/m<sup>3</sup>, para los dos puntos de ensayo, lo cual ubica este contaminante dentro de la condición óptima desde el punto de vista salud, con color blanco de identificación, y que corresponde a la categoría de nivel deseable. Es decir mediante estos valores no detectados para los 2 puntos, la calidad de aire es muy buena referente al (NO<sub>2</sub>).

### **Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>)**

Para el estado de la calidad de aire del punto (1), no es aceptable en cuanto a concentraciones de dióxido de azufre, ya que el valor promedio para 24 horas de exposición resultó de 17608.3 µg/m<sup>3</sup>, dando un rango de entre 400 - 500, con categoría en nivel de emergencia siendo peligroso para toda la población y por ello su color rojo de identificación, eso para los trabajadores que laboran en las concesiones mineras y viviendas aledañas que han invadido el territorio a orillas del cauce del río Pita. Mientras que para los habitantes del Barrio Cashapamba resultó 0 µg/m<sup>3</sup>, significa que está en rangos de 0 – 50 con calidad de aire, óptima y color blanco, para su identificación, en la categoría de nivel deseable. Eso se debe a que no hay fuentes de combustión de esa magnitud en el barrio y a la dirección y velocidad del viento, expuestos anteriormente donde el desplazamiento de las masas de aire no llega al Barrio con respecto al (SO<sub>2</sub>).

### **Material Particulado (PM10)**

Para el material particulado de tamaño de diámetro menor o igual a 10 micrones se obtuvieron los siguientes valores: 7704  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para el punto (1), y 24  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para el punto (2), es decir el estado de calidad de aire para el punto (1), no es aceptable en cuanto a concentraciones de (PM10), ya que el valor promedio para 24 horas de exposición resultó en el rango de entre 400 - 500, con categoría en nivel de emergencia siendo peligroso para toda la población y por ende su color rojo de identificación, eso para los trabajadores que laboran en las concesiones mineras y viviendas aledañas (invasiones), a orillas del cauce del río Pita.. Mientras que para el Barrio Cashapamba resultó dentro de los rangos de 0 – 50 con calidad de aire, óptima y color blanco, para su identificación, en la categoría de nivel deseable. Eso se debe a la dirección y velocidad el viento expuestos anteriormente, por el movimiento de los contaminantes en la atmósfera.

Finalmente en base a las tablas, y análisis de caracterización presentados para determinar la calidad de aire referente a la normativa ambiental del Libro VI, Anexo 4 del TULSMA, y el índice de calidad de aire relativo al IQCA, se expresó contundentemente que el índice de calidad de aire (ICA) para el lugar in situ donde operan las concesiones mineras, **no es aceptable** tanto como para trabajadores y viviendas aledañas que han invadido en desorden el territorio alrededor del sendero en el río Pita donde laboran dichas actividades mineras, tanto como en el Cantón Quito como en el Cantón Rumiñahui.

En cuanto al cumplimiento de la normativa de calidad de aire y el índice de calidad para el Barrio Cashapamba, **si es apta** para los cerca de 2000 habitantes residentes en el centro poblado, debido al análisis realizado y al desplazamiento de los contaminantes en la atmósfera, pero que en medidas de proyección de largo plazo estas podrían ser perjudiciales por el tiempo restante de 25 años destinado a la producción.

## 4.8.- RESULTADO CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DE RUIDO AMBIENTAL

Coherentemente a los cinco puntos de ensayo que se plantearon en la metodología para caracterización y análisis de ruido ambiental en el **(punto 3.6.8.1)** del presente proyecto de investigación, se procedió a la entrega de los resultados tanto como para la ubicación de los puntos de muestreo, así como para los correspondientes análisis.

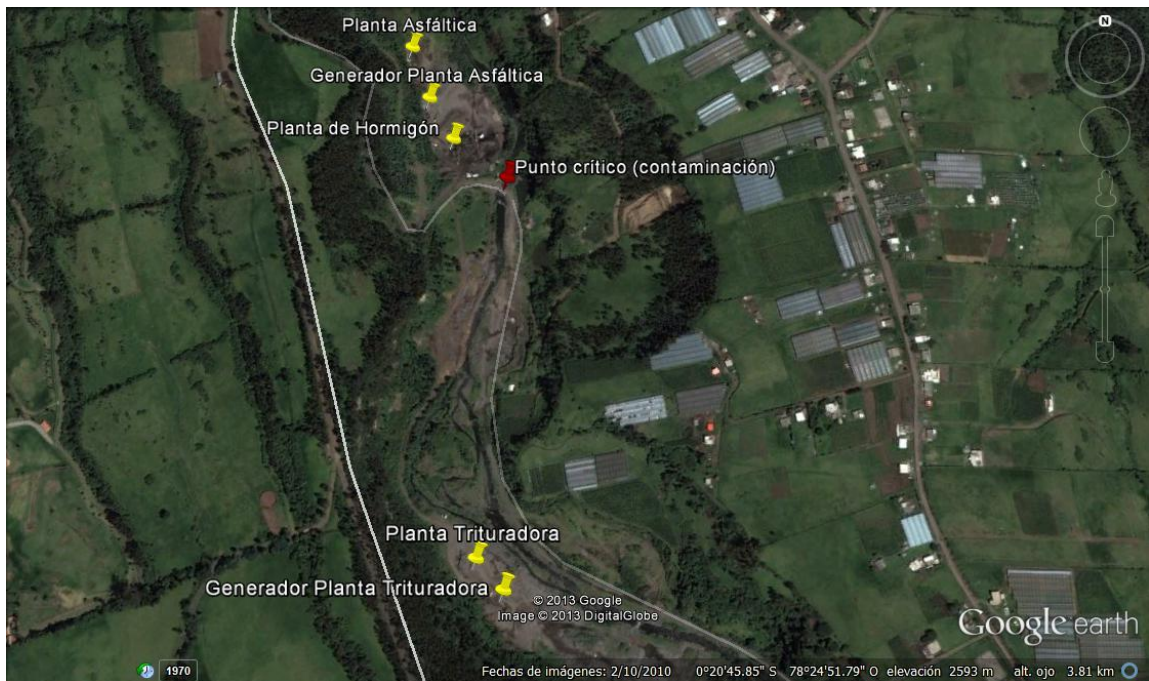
Los cinco ensayos de monitoreo para caracterizar y analizar el ruido ambiental provocado por las fuentes fijas de contaminación acústica, en el lugar in situ donde operan las concesiones mineras, tuvieron lugar y fecha el día viernes 8 de noviembre de 2013, desde las 8:30 am hasta las 9:30 am. Y se obtuvieron los siguientes resultados.

### 4.8.1.- PUNTOS DE ENSAYO DE MONITOREO Y ANÁLISIS DE RUIDO AMBIENTAL

En la Tabla 45 y Figura 75, se aprecian las coordenadas UTM georeferenciadas, y ubicación geográfica, dadas por el GPS de la Dirección de Protección Ambiental del GADMUR, y la herramienta virtual Google Earth (2013), de los cinco puntos de ensayo de monitoreo para el análisis de ruido ambiental que se efectuó.

**Tabla 45.** Coordenadas, “Análisis de ruido ambiental” (Concesiones mineras, Punto Crítico de Contaminación)

COORDENADAS UTM (Zona 17M)	X	Y	ALTURA	FECHA Y HORA
Análisis ruido ambiental	0787696	9961911	2577 m.s.n.m.	08/11/2013 a las 08:30 AM



**Figura 75.** Ubicación general y panorámica de los cinco Puntos de muestreo para análisis de ruido ambiental.

(Google Earth, 2013)

En la Figura 75, expuesta precedentemente se identificó de mejor manera y panorámicamente los puntos de ensayo donde se llevó a cabo el monitoreo de análisis de ruido ambiental en base a la Figura 18, a cerca de la representación general de los cinco puntos de muestreo para análisis de ruido ambiental que se planteó en el **(punto 3.6.8.1)**, de la presente investigación. Donde con puntos de anclaje de color amarillo se observa las cinco fuentes de contaminación acústica dentro de la expansión territorial donde operan las concesiones Panavial S.A. –H.C.C., y Consermin S.A.

De la misma manera, que para todos los análisis de los factores ambientales bióticos y abióticos este ensayo de ruido ambiental, se hizo en un día laboral con todas las máquinas o fuentes de contaminación acústica en funcionamiento.

Los impactantes resultados del análisis de ruido ambiental de las fuentes fijas de contaminación acústica para: **i)** planta asfáltica.; **ii)** generador de planta asfáltica.; **iii)** planta de Hormigón.; **iv)** planta trituradora.; y **v)** generador de planta trituradora. Se describen a continuación en la Tabla 46, basada en la normativa ambiental explicada en el **(punto 3.6.8.1)** de la metodología de la investigación, sobre el Libro VI, Anexo 5 del TULSMA, respecto a los límites permisibles de niveles de ruido ambiente para fuentes fijas y fuentes móviles, y para vibraciones. De la siguiente manera:

**Tabla 46.** Resultados monitoreo de análisis de ruido ambiental (fuentes fijas de contaminación acústica, concesiones mineras)

FUENTE CONTAMINACIÓN ACÚSTICA	TIPO DE ZONA SEGÚN USO DE SUELO	RESULTADOS	TULSMA, LIBRO VI ANEXO 5 *TABLA 1, *NPS EQ [*dB(A)].	CUMPLIMIENTO NORMATIVA SI/NO
PLANTA ASFÁLTICA	ZONA INDUSTRIAL	84.63	70	NO
GENERADOR DE PLANTA ASFÁLTICA	ZONA INDUSTRIAL	91.50	70	NO
PLANTA DE HORMIGÓN	ZONA INDUSTRIAL	76.10	70	NO
PLANTA TRITURADORA	ZONA INDUSTRIAL	80.93	70	NO
GENERADOR DE PLANTA TRITURADORA	ZONA INDUSTRIAL	87.70	70	NO

\*Tabla 1: de niveles máximos de ruido permisibles según uso del suelo (título 4.1.1.1 del Anexo 5, Libro VI, del TULSMA)

\* NPS eq [dB(A)]: es el Nivel de Presión Sonora Equivalente, y dB(A)\*: es la ponderación con escala A, para niveles bajos de presión sonora, ruidos de fondo. Para jornada horaria de (06H00 am, A 20H00 pm), (título 4.1.1.1 del Anexo 5, Libro VI, del TULSMA)

En la expuesta Tabla 46, todas las fuentes de contaminación acústica **incumplen** con la normativa ambiental del Libro VI, Anexo 5 del TULSMA, presentando los siguientes valores: **i)** planta asfáltica 84.63 dB(A); **ii)**



generador de planta asfáltica 91.50 dB(A); **iii**) planta de Hormigón 76.10 dB(A); **iv**) planta trituradora 80.93 dB(A); y **v**) generador de planta trituradora. 87.70 dB(A). Cuando el límite máximo permisible en jornada horaria de (06H00 am, A 20H00 pm), es de 70 dB(A), por esa razón es importante que las concesiones mineras tomen acciones inmediatas, haciendo e implementando medidas de aislamiento y prevención como:

Construir pantallas de reclusión entre la fuente y la exposición de los trabajadores con paredes gruesas, cubiertas, cubetos de ruido, techos, innovación tecnológica, entre otras. Además las fotografías tomadas durante el ensayo de monitoreo y análisis de ruido ambiental, provocado por las fuentes fijas de contaminación acústica de las concesiones Panavial S.A.- H.C.C.; y Consermin S.A., se observan en el **(Anexo 23)**, gracias al apoyo de dos Técnicas Ambientales funcionarias del GADMUR.

También se hace referencia a lo declarado en la revista científica [365 días para vivir con salud], de México, en la sección de diversidad ambiental, sobre el tema "*Ruido y salud humana*", manifestada por Calderón (2013), en que la exposición al ruido tiene efectos sobre las funciones fisiológicas, después de una exhibición prolongada.

Es decir Calderón (2013), expresa que para niveles de sonoros entre 80 y 90 dB(A), que son los que presenta en promedio las fuentes de contaminación acústica de las concesiones mineras que laboran en Cashapamba, producen "*daño auditivo en exposiciones de 8 horas*" (Calderón, 2013). Siendo este periodo de tiempo de exposición, la jornada laboral de los trabajadores de las concesiones mineras que trabajan en turnos rotativos. Finalmente expuestas estas condiciones se determina que la calidad de ruido ambiental producida por las fuentes de contaminación acústica, **no es apta** para los trabajadores de las concesiones mineras, que se exponen prolongadamente a las fuentes de ruido

donde laboran, ni tampoco es buena la exposición para las viviendas aledañas que han invadido el territorio en las laderas donde opera la actividad minera, invasiones que pertenecen a Cashapamba y el Barrio Santa Teresa de Quito. Mientras que para los habitantes del barrio Cashapamba, moradores que oscilan entre 2000 residentes, la calidad de ruido **es aceptable**, debido al aislamiento protector de árboles de eucalipto que se encuentran yacientes en el sendero del río Pita, mismo del que las concesiones extraen y explotan material pétreo y árido.

## **5.- Conclusiones y Recomendaciones**

## **5.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1.- CONCLUSIONES**

- ✓ Mediante el marco legal estudiado, se determinó que la ARCOM (Agencia de Regulación y Control Minero), es la única entidad pública que tiene la potestad de controlar y regular cualquier actividad minera que se desarrolle en el territorio Ecuatoriano.
- ✓ El INIGEMM (Instituto Nacional de Investigación Geológica, Minero, Metalúrgico), es la identidad pública del Gobierno Ecuatoriano que trabaja en conjunto con la ARCOM, para crear, reglamentar y dirigir información científica y tecnológica con el fin de orientar el desarrollo sostenible y sustentable de los recursos minerales.
- ✓ El GADMUR, carece de una Ordenanza Municipal local, para la explotación y extracción de material pétreo y árido, que regule y controle esta actividad de gran magnitud sobre la jurisdicción del Cantón.
- ✓ Se determinó que el Barrio Cashapamba, es un centro poblado que pertenece a la parroquia de Sangolquí, posee alrededor de 1700 habitantes según el último censo del INEC del 2010, y es un lugar destinado a la residencia habitacional, expresado en el plan de desarrollo y ordenamiento territorial del 2012, del Cantón Rumiñahui.
- ✓ A través del estudio ejecutado en el Sistema Ambiental del Cantón Rumiñahui, del plan de desarrollo y ordenamiento territorial del 2012. Se conoció, prescribió, y detalló todos los aspectos que tienen repercusión en el medio ambiente en el régimen del GADMUR, como una gestión integral en la actividad de mandato político general de la organización.

- ✓ En el Sendero Rumibosque, se levantó la línea base ambiental, en donde se compararon todos los factores ambientales bióticos y abióticos en condiciones normales con las condiciones antropogénicas, debido a la influencia de la actividad minera. Además se identificó que dicho sendero es un ecosistema arbustal siempreverde montano del norte de los Andes, según el sistema de clasificación de ecosistemas del Ecuador Continental del MAE del 2013.
- ✓ Para la identificación de las concesiones, procesos y actividad minera que se desarrolla en la Jurisdicción del cantón Rumiñahui, se ha determinado que la diligencia minera operará en Cashapamba durante 30 años más, desde el año 2008 en que se dieron inicio las actividades hasta el año 2038, además el área de extensión para la extracción y explotación de material pétreo, árido y sus derivados, es de 8 km<sup>2</sup> de prolongación para el desarrollo y progreso de la actividad.
- ✓ Las concesiones mineras que operan en el campo in situ de la zona de estudio son autónomas y arrendatarios. Las autónomas son: Panavial S.A.-H.C.C.; Consermin S.A.; y Piedra Dorada. Mientras que los arrendatarios son: Santa teresita Pmenantlas; Danny I y II; Milarica; Santa Lucia I y II; y Naranjo López Construcciones.
- ✓ En la caracterización y representación de los procesos se determinó que: el tipo de minería que se desarrolla es aluvial; el tipo de roca que se extrae es magmática; las plantas de procesamiento son la de triturado, hormigonado y asfaltado; el proceso en general de extracción y explotación de material pétreo consta en desbroce, secado, cribado, trituración primaria, secundaria y terciaria, hormigonado, asfaltado, carga, pesado, y distribución y transporte. En seguridad y salud ocupacional figuran la señalización industrial de las instalaciones de las

operaciones mineras, y la carencia del equipo de protección personal de los trabajadores, finalmente los medios de compensación son plantas de tratamiento de agua para la planta de asfalto, reforestación con eucalipto, y control de polvo por regadío de tanqueros de agua.

- ✓ Los parámetros físico-químicos y microbiológicos analizados del recurso agua, comprobaron que no existe cumplimiento de la normativa ambiental según la Tabla 12 sobre los Límites máximos permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce del Libro VI, Anexo 1 del TULSMA, para los puntos 2 y 3 de ensayo, es decir para el punto crítico de la contaminación donde laboran las concesiones mineras, y aguas abajo donde han finalizado las operaciones respectivamente. Presentando incumplimiento en: el índice de coliformes fecales, oxígeno disuelto, sólidos suspendidos y turbidez, demostrando que no existe tratamiento alguno en el cuerpo de agua.
- ✓ El análisis de los parámetros físico-químicos y microbiológicos para el punto 1 de ensayo en el Sendero Rumibosque, definió que no existen actividades antropogénicas de gran magnitud, ya que los resultados obtenidos cumplen con la normativa, estando muy por debajo del límite máximo permisible. Mientras que para los puntos 2 y 3 mencionados precedentemente necesitan obligadamente tratamiento en el cauce del río Pita para cumplir con lo estipulado en la normativa ambiental vigente.
- ✓ Por medio del análisis macrobiológico (macroinvertebrados), se determinó que el índice de calidad de agua para la línea base el Sendero Rumibosque es aceptable y que se encuentra ligeramente contaminada, encontrado más de 72 individuos de 9 familias diferentes. En tanto que para el punto final 2, es decir aguas abajo donde han finalizado las operaciones mineras se encontró apenas 11 individuos de 2 familias

diferentes tolerantes a la contaminación, clasificando al cuerpo de agua como fuertemente contaminada y de calidad muy crítica.

- ✓ En el recurso suelo, el análisis de los parámetros físico-químicos, se halló un alto índice de Hidrocarburos Totales de Petróleo con un valor de 536 mg/kg, estando muy por encima del límite máximo permisible tanto para el cumplimiento de los criterios de calidad del suelo y de remediación (valores máximos permisibles), del Anexo 2 Libro VI del TULSMA sobre la Norma de Calidad Ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados. Esto se debe a que las concesiones mineras realizan lavado de sustancias peligrosas y compuestos tóxicos en el cauce y orillas del río Pita, haciendo que se bioacumulen en el sedimento del suelo.
- ✓ En el ensayo de los parámetros físico-químicos del punto 1, en el sendero Rumibosque se determinaron valores muy por debajo de la normativa ambiental a comparación del ensayo 2 mencionado precedentemente donde las condiciones del medio para los dos puntos son aptas para la restauración, y reforestación del suelo mediante plantas nativas, y en base a los resultados obtenidos en: contenido de materia orgánica; humedad; textura, tipo de suelo; y potencial de hidrógeno presentes.
- ✓ Los análisis e índice de calidad del aire, establecieron que en el entorno donde operan las concesiones mineras no es apto para los trabajadores que están expuestos a más de 8 horas de jornada laboral, y que los contaminantes: material particulado ( $PM_{10}$ ); y dióxido de azufre ( $SO_2$ ), incumplen con la normativa del Título (4.1.2.1) del Libro VI, Anexo 4 del TULSMA. En tanto que para el Barrio Cashapamba donde residen los habitantes, si se cumple con la normativa, y para el índice de calidad de

aire es óptimo debido a: la dirección, y velocidad del viento; disolución de los contaminantes en la atmósfera; y el contenido de Ozono en los dos puntos de ensayo.

- ✓ El Ruido ambiente producido por las fuentes fijas de contaminación acústica de las concesiones mineras no es aceptable para los trabajadores, ya que presentan valores por encima de la Tabla 1 de niveles máximos de ruido permisibles según uso del suelo “zona industrial”, del Anexo 5, Libro VI, del TULSMA. Ocasionando daños fisiológicos de pérdida auditiva prolongada.
- ✓ Como conclusión final se demostró la existente contaminación ambiental por extracción de material pétreo en el Barrio Cashapamba a través de cinco medios de verificación que fueron: **i)** análisis de los parámetros físico-químicos y microbiológicos del recurso agua.; **ii)** análisis microbiológico, determinación de la calidad de agua (por macroinvertebrados).; **iii)** análisis de los parámetros físico-químicos del recurso suelo.; **iv)** análisis e índice de calidad del aire.; y **v)** análisis de ruido ambiental.

## **5.2.- RECOMENDACIONES**

- ✓ Es necesario en lo posible crear y poner en vigencia oficial una Ordenanza Municipal por parte del GADMUR, para la extracción y explotación de material pétreo, árido y sus derivados, con la finalidad de ejercer control, regulación y obtener regalías o impuestos que sean invertidas en Obras para el desarrollo y progreso del Cantón.



- ✓ La ARCOM, el MAE, y la DPA del GADMUR, deben establecer cronogramas para controlar, monitorear y regularizar esta actividad que posee grandes inconformidades respecto al cumplimiento de normativas especialmente ambientales, de seguridad y salud ocupacional.
- ✓ Se recomienda a los representantes de las concesiones mineras, diseñar e implementar una planta de tratamiento de aguas residuales sobre el cauce del río Pita, una vez finalizadas todas las operaciones, aguas abajo con el objeto de recuperar la diversidad del ecosistema acuático, y poder cumplir con los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce estipulados en la Tabla 12 del Anexo 1, Libro VI, del TULSMA.
- ✓ Es importante que las concesiones mineras restauren y reforesten el suelo con plantas nativas como: el sauce, aliso, y capulí, y no solo con eucalipto. Es decir, lo ideal es reforestar y restaurar a medida que se explotan y extraen los recursos minerales, y no esperar hasta el cierre técnico en el año 2038.
- ✓ Las concesiones mineras deben mejorar las condiciones laborales para los trabajadores, con equipo adecuado de protección personal, e implementar técnicas y métodos para el control de la contaminación del aire y ruido ambiental. Además efectuar innovación tecnológica, la cual permita corregir las emisiones, y permita evitar enfermedades prolongadas en los trabajadores debido a su exposición en el medio laboral.
- ✓ Se puede hacer un estudio similar desde la perspectiva del Barrio Santa Teresa de Quito, ya que el área in situ de la expansión territorial donde se desarrolla la actividad minera en el cauce del río Pita, comparte límites cantonales entre Rumiñahui y Quito.

- ✓ Un estudio de amenazas, mediante la elaboración de mapas temáticos en la herramienta ArGIS, contribuirá a completar este estudio, ya que el Barrio Cashapamba, y el Sendero del río Pita del cual se extraen los recursos minerales, están en zona de riesgo volcánico debido a la presencia y una posible erupción del volcán Cotopaxi.
- ✓ Otra prioridad del cantón como problemática ambiental, es el de la preservación y conservación de los últimos páramos de Rumiñahui, para lo cual resultaría interesante, hacer un estudio de actividades ganaderas, florícolas, pastoreo, agricultura, construcciones, y expansión territorial en dichos ecosistemas.
- ✓ Una maestría o posgrado que desarrolle una investigación acerca de la exposición al riesgo laboral minero, contribuiría a la dimensión humana de los trabajadores y a la determinación de la seguridad y salud ocupacional “puntualizada”, que existe en las concesiones.
- ✓ Se recomienda a la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, carrera de Ingeniería Ambiental y Manejo de Riesgos Naturales, optimizar el funcionamiento del equipo de monitoreo calidad de aire, con que cuenta.
- ✓ Finalmente se confía en que las Autoridades competentes y responsables del GADMUR, la ARCOM, MAE, Ministerio de Industrias, SRI, entre otras entidades que tiene potestad sobre esta actividad, pongan cartas, obra y manos en el asunto ejerciendo los respectivos controles y regularizaciones inmediatas con proyecciones a mediano y largo plazos en base al diagnóstico realizado en esta investigación.

## **6.- Nomenclatura / Glosario**

## 6.- NOMENCLATURA / GLOSARIO

<b>AA</b>	Auditorías Ambientales
<b>AAAc</b>	Autoridad Ambiental de Aplicación Cooperante
<b>AAAr</b>	Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable
<b>ARCOM</b>	Agencia de Regulación y Control Minero
<b>CEPAL</b>	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
<b>CFC</b>	Clorofluorocarbonos
<b>Consermin</b>	Construcciones y servicios de minería S.A.
<b>CO</b>	Monóxido de Carbono
<b>CO<sub>2</sub></b>	Dióxido de Carbono
<b>COPs</b>	Compuestos orgánicos persistentes
<b>CORPAIRE</b>	Corporación para el mejoramiento del aire de Quito
<b>DAM</b>	Drenaje ácido de mina
<b>DDT</b>	Dicloro Difenil Tricloroetano
<b>DPA</b>	Dirección de Protección Ambiental
<b>EIA</b>	Evaluación de Impacto Ambiental
<b>EMAAP</b>	Empresa Metropolitana de Agua Potable y Alcantarillado
<b>EPA</b>	Environmental Protection Agency
<b>EPMMOP</b>	Empresa Pública Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas
<b>EsIA</b>	Estudio de Impacto Ambiental
<b>FCI</b>	Facultad de Ciencias de la Ingeniería
<b>FODA</b>	Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas
<b>GADMUR</b>	Gobierno Autónomo descentralizado Municipal del Cantón Rumiñahui
<b>GPS</b>	Sistema de posicionamiento global
<b>HC</b>	Hidrocarburos
<b>ICA</b>	Índice de Calidad del Aire
<b>INEC</b>	Instituto Nacional de Estadística y Censos
<b>INEN</b>	Instituto Ecuatoriano de Normalización
<b>INIGEMM</b>	Instituto Nacional de Investigación Geológico, Minero, Metalúrgico
<b>IQCA</b>	Índice Quiteño de Calidad del Aire

<b>MAE</b>	Ministerio del Ambiente de Ecuador
<b>NO<sub>2</sub></b>	Dióxido de Nitrógeno
<b>O<sub>3</sub></b>	Ozono
<b>OAE</b>	Organismo de Acreditación Ecuatoriano
<b>OMC</b>	Organización Mundial del Comercio
<b>OMI</b>	Organización Marítima Internacional
<b>ONU</b>	Organización de las Naciones Unidas
<b>OSP</b>	Laboratorio de Oferta de Servicios y Productos de La Universidad central del Ecuador
<b>OTCA</b>	Tratado de Cooperación Amazónica
<b>Panavial S.A.-H.C.C.</b>	Panamericana Vial S.A., y Herdoiza Crespo Construcciones S.A.
<b>PCB</b>	Bifenilos policlorados
<b>PD y OT</b>	Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial
<b>PM10</b>	Material Particulado cuyo diámetro es menor o igual que 10 µm micrómetros
<b>PMA</b>	Plan de Manejo Ambiental
<b>PNUMA</b>	Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente
<b>RO</b>	Registro Oficial
<b>SEMARNA T</b>	Secretaría de medio ambiente y recursos naturales de México
<b>SIAR</b>	Sistema de Información Ambiental del Municipio de Rumiñahui
<b>SO<sub>2</sub></b>	Dióxido de Azufre
<b>SUMA</b>	Sistema Único de Manejo Ambiental
<b>TdR</b>	Términos de Referencia
<b>TPH</b>	Hidrocarburos Totales de Petróleo
<b>TULSMA</b>	Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente
<b>UCE</b>	Universidad Central del Ecuador
<b>UPS</b>	Universidad Politécnica Salesiana

## **7.- Bibliografía**

## 7.- BIBLIOGRAFÍA

- Agency for Toxic Substances and Disease Registry. ATSDR. (2012). *Transformación genérica de los contaminantes de análisis de calidad De aire, valores corregidos*. Atlanta. Estados Unidos. Recuperado de <http://www.atsdr.cdc.gov/about/2012budget.html>
- Aguirre, Z. & Josse, C. (2013). *Ecosistema arbustal siempreverde montano De Inorte de los Andes*. Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental. Ministerio del Ambiente del Ecuador. Quito-Ecuador. pp. 76
- Anderson, G. & García, O. (2011). *Materiales de Construcción*. Materiales pétreos, clasificación en general y propiedades. Buenos Aires. Argentina pp. 329
- Arauzo, M. Martínez, J. & Valladolid, M. (2007). *Estado ecológico del río Oja, cuenca del Ebro, La Rioja, España*. Universidad de La Rioja. La Rioja - España: Editorial Dialnet.
- Arellano, J. & Guzmán, J. (2011, junio). *Ingeniería Ambiental*. Primera edición. México: Editorial Alfaomega. pp.182
- Armienta, M. Farías, S. & Litter, M. (2009). *Metodologías analíticas para la determinación y especiación de arsénico en aguas y suelos*. CYTED, programa iberoamericano de ciencia y tecnología para el desarrollo. Buenos Aires. Argentina. pp. 242
- Asamblea Nacional Constituyente. (2008). *Constitución de la República del Ecuador, derechos ambientales*. Régimen del Buen Vivir, Biodiversidad y Recursos Naturales. Quito-Ecuador. Recuperado de [http://www.ancupa.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=14&Itemid=73](http://www.ancupa.com/index.php?option=com_content&view=article&id=14&Itemid=73)
- Base de datos Get a Map. (2013), *Cashapamba Hacienda el Pugru*. Pichincha-Ecuador. Recuperado de <http://es.getamap.net/mapas/ecuador/pichincha/cashapamba/>
- Bonet, A. (1991). *La contaminación*. Gran enciclopedia educativa. Colombia, y España: Editorial Zamora Ltda.

- Carrera, C. & Fierro, O. (2001). *Los Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad de agua*. Manual de monitoreo. Quito-Ecuador: Editorial EcoCiencia. pp. 57
- Concretos Asfálticos de Colombia, Concretoscol S.A. (2011). *Procesos en General para la extracción y explotación de material pétreo*. Imágenes Interactivas. Colombia. Recuperado de <http://www.concretoscol.com/>
- Consermin S.A. (2013). *Concesión minera Construcciones y Servicios de Minería S.A.* Sangolquí-Ecuador.
- Diagnóstico Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Rumiñahui GADMUR, Dirección de Planificación (2012, septiembre). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*. Sangolquí-Ecuador.
- Doran, J. & Coleman, D. (1994). *Defining and Methods for Assessing Soil Quality for Sustainable Environment*. Soil Science Society of America, Inc. Special Publication Number 335. Madison, Wisconsin USA. pp.27. Disponible en: <http://www.slideshare.net/leo100/ingeniera-ambiental-glynn-henry-y-gary-heinke-2da-edicin>
- Enciclopedia WIKIPEDIA. (2013). *Ingeniería Ambiental, análisis de factores ambientales*. Encyclopedía libre, WikiWikiWeb, Ward Cunningham. *Portland*. Estados Unidos. Disponible en <http://es.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Portada>
- Endara, A. (2012). *Identificación de macro invertebrados bentónicos en los ríos: Pindo Mirador, Alpayacu y Pindo Grande; determinación de su calidad de agua*. Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito-Ecuador. pp. 33 - 41
- Environmental Engineering, Mc Graw Hill Company. (1986). *Agua, calidad y generalidades*, New York. Estados Unidos
- Environmental Protection Agency EPA. (2013). *Historia de la contaminación, primeros registros, y contaminantes*. Estados Unidos. Recuperado de <http://www.environment-agency.gov.uk/>
- Epler, J. (2010). *Identification Manual for the Larval Chironomidae (Diptera) of North and South Carolina*. Carolina - Estados Unidos: Editorial Department of environmental and natural resources division of water quality.



- Fundación Española Para la Ciencia y tecnología FECYT. (2004). *Meteorología y Clima*. Ministerio de Educación y Ciencia. España: Editorial Villena Artes Gráficas.
- Glynn, H. & Heinke, G. (1999). *Ingeniería Ambiental*. Segunda edición. México: Editorial Pretice Hall. pp.647. Disponible en <http://www.slideshare.net/leo100/ingeniera-ambiental-glynn-henry-y-gary-heinke-2da-edicin>
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Rumiñahui, Dirección de Protección Ambiental. (2012). *Atlas de la Biodiversidad del Cantón Rumiñahui*. Sangolquí-Ecuador.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Rumiñahui, Dirección de Protección Ambiental. (2013). *Mapa diagnóstico de actividad minera en la jurisdicción del Cantón Rumiñahui*. Sangolquí-Ecuador.
- Gobierno de Navarra de España. (2011). *Unidades Ambientales*. Navarra - España. Recuperado de: [http://siun.navarra.es/documentosPDF/POT/104425/104425\\_023\\_3-12.pdf](http://siun.navarra.es/documentosPDF/POT/104425/104425_023_3-12.pdf)
- Gómez, J. (2013). *Materiales de Construcción*. Instituto tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Departamento de Ingeniería Civil. Monterrey. México. pp. 222
- Gómez Orea, D. (1999). *Evaluación de impacto ambiental*. Un instrumento preventivo para la gestión ambiental. Madrid. España: Editorial Agrícola Española.
- Google Earth. (2013). *Programa para elaboración y manejo cartográfico satelital, en tiempo real, mapas*. EarthViewer 3D Geomático, Keyhole Inc. California. Estados Unidos.
- Google Imágenes. (2013). Captura de imágenes de la Línea base ambiental, Sendero. California. Estados Unidos. Recuperado de <http://www.google.es/imghp>
- Índice Quiteño de calidad del aire IQCA. (2004). *Límites numéricos, rangos, significados, y colores de las categorías para el índice de calidad del aire*. Corporación para el mejoramiento del aire de Quito, CORPAIRE. Quito-Ecuador. Recuperado de [http://190.152.144.74/paginas/web/menu\\_t1.html](http://190.152.144.74/paginas/web/menu_t1.html)

- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2013). *Normas técnicas para muestreo, manejo y conservación de muestras, para análisis de calidad de agua*. Quito-Ecuador. Recuperado de <http://www.inen.gob.ec/>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2010). *Población de la Parroquia Sangolquí, y Barrio Cashapamba*. Quito-Ecuador. Recuperado de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/>
- Laboratorio Oferta de Servicios y Productos OSP. (2013). *Análisis de Parámetros físico-químicos, e microbiológicos de los recursos agua y suelo*. Facultad de Ciencias Químicas, de la Universidad Central del Ecuador. Quito-Ecuador.
- Ladrera, R. (2012). *Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de estado ecológico de los ríos*. Universidad pública de Navarra, y Universidad de Barcelona. *Barcelona, Navarra*. España.
- Ley de Gestión ambiental. (1999). *Legislación Ambiental Ecuatoriana*. Quito-Ecuador. Recuperado de [http://www.ancupa.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=14&Itemid=73](http://www.ancupa.com/index.php?option=com_content&view=article&id=14&Itemid=73)
- Ley de Minería. (2009). *Legislación actividad minera*. Quito-Ecuador. Recuperado de <http://www.arcom.gob.ec/>
- Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental. (2004). *Legislación Ambiental Ecuatoriana*. Quito-Ecuador. Recuperado de [http://www.ancupa.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=14&Itemid=73](http://www.ancupa.com/index.php?option=com_content&view=article&id=14&Itemid=73)
- Ley Orgánica de la Salud. (2006, diciembre). *Responsabilidades del Ministerio de Salud Pública, relacionadas con el medio ambiente*. Quito-Ecuador. Recuperado de [http://www.vertic.org/media/National%20Legislation/Ecuador/EC\\_Ley\\_Organica\\_de\\_Salud.pdf](http://www.vertic.org/media/National%20Legislation/Ecuador/EC_Ley_Organica_de_Salud.pdf)
- Ley Orgánica Reformatoria a la Ley de Minería. (2013). *Legislación actividad minera*. Quito-Ecuador. Recuperado de [http://www.eluniverso.com/sites/default/files/archivos/2013/06/13textofinal\\_leyminera\\_0.pdf](http://www.eluniverso.com/sites/default/files/archivos/2013/06/13textofinal_leyminera_0.pdf)

- McGraw-Hill. (2000). *Convenios y tratados ambientales internacionales*. Derecho Ambiental. Coruña. España
- Ministerio del Ambiente de Ecuador. (2013). *Legislación ambiental internacional, local*. Quito-Ecuador. Recuperado de <http://www.ambiente.gob.ec/>
- Nava, G. (2011). *Manual de Instrucciones para la toma, preservación y transporte de muestras de agua para análisis de laboratorio*. Colombia: Instituto Nacional de salud de Colombia.
- Nieto, S. (2002). *Historia de la contaminación*. Guía interactiva del estudiante, el universo y la tierra. México: Editorial Rezza.
- Ordenanza de Gestión Ambiental del Cantón Rumiñahui, Dirección de Protección Ambiental. (2009, septiembre). *Control, regulación, políticas, y protección para el medio ambiente en la jurisdicción del Cantón Rumiñahui*. Concejo Municipal del GADMUR. Sangolquí-Ecuador.
- Ordenanza Metropolitana 0082. Comisión de medio ambiente, Riesgos Naturales e Higiene (2003). *TÍTULO VII, de la explotación de los materiales de construcción*. Concejo del Distrito Metropolitano del Municipio de Quito. Quito-Ecuador.
- Panavial S.A., & Herdoiza Crespo Construcciones S.A. Panavial S.A.-H.C.C. (2013). *Concesión minera Panamericana vial S.A., y Herdoiza Crespo Construcciones S.A*. Sangolquí-Ecuador.
- Plan de Desarrollo y Ordenamiento territorial, 2012-2025 (2012). *Atlas Cantón Rumiñahui*. Sangolquí-Ecuador, Dirección de Planificación. GADMUR.
- Real Academia Española, RAE. (2013). *Materiales pétreos*. Madrid. España. Recuperado de <http://www.rae.es/>
- Reglamento Ambiental para Actividades Mineras en la República del Ecuador. (2009). *Legislación actividad minera*. Quito-Ecuador. Recuperado de <http://www.arcom.gob.ec/>

- Reglamento de Aplicación de Los Mecanismos de Participación Social. (2008). *Instituido en la Ley de Gestión Ambiental*. Quito-Ecuador. Recuperado de [http://www.cig.org.ec/archivos/documentos/reglamento\\_de\\_participacion\\_establecidos\\_en\\_ley\\_de\\_gestion\\_ambiental.pdf](http://www.cig.org.ec/archivos/documentos/reglamento_de_participacion_establecidos_en_ley_de_gestion_ambiental.pdf)
- Reglamento de Seguridad Minera. (1996). *Legislación actividad minera*. Quito-Ecuador. Recuperado de <http://www.arcom.gob.ec/>
- Reglamento Especial para materiales áridos y pétreos. (2012). *Legislación actividad minera*. Quito-Ecuador. Recuperado de <http://www.arcom.gob.ec/>
- Reglamento General a la Ley de Minería. (2009). *Legislación actividad minera*. Quito-Ecuador. Recuperado de <http://www.arcom.gob.ec/>
- Revista la Hora. (2011). *Cashapamba trabaja por su desarrollo*. Valles. Quito-Ecuador. Recuperado de [http://www.lahora.com.ec/index.php/noticias/show/1101249349/-1/Cashapamba\\_trabaja\\_por\\_su\\_desarrollo.html#.Urjsr7SPinw](http://www.lahora.com.ec/index.php/noticias/show/1101249349/-1/Cashapamba_trabaja_por_su_desarrollo.html#.Urjsr7SPinw)
- Rivas, G. (2007). *Clasificación bioclimática de la Tierra*. Global Bioclimatics, phytosociological research center. Madrid. España
- Rojas, F. (2006). *Estado de conocimiento de los tricópteros de Chile*. Santiago - Chile: Editorial Gayana Zoología. pp. 65-71
- Secretaría de medio ambiente y recursos naturales de México SEMARNAT-MÉXICO. (2010). *Convenios y tratados ambientales internacionales*. México. Recuperado de <http://www.semarnat.gob.mx/>
- Sistema de clasificación de los ecosistemas del Ecuador Continental. (2013). *Determinación, y caracterización de la línea base, Sendero Rumibosque*. Ministerio del Ambiente MAE. Quito-Ecuador. pp. 75-77
- Sistema Único de Manejo Ambiental SUMA. (2003). *Libro VI de la Calidad Ambiental del TULSMA*. Quito-Ecuador. Recuperado de [http://www.ancupa.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=14&Itemid=73](http://www.ancupa.com/index.php?option=com_content&view=article&id=14&Itemid=73)
- Sociedad Pública del Departamento de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio del Gobierno Vasco IHOB. (2008). *Sistemas de Gestión Ambiental según la norma UNE en ISO 14001*. Guía de taller. Vasco. España. Recuperado de <http://www.ihobe.net/Documentos/Eventos/mini%20ISO%2014001.pdf>

- Tamaris, C. Turizo, R. & Zuñiga, M. (2007). *Distribución espacio temporal y hábitos alimentarios de ninfas de Anacroneuria; Insecta: Plecoptera: Perlidae, en el río Gaira, Sierra Nevada*. Santa Marta - Colombia: Editorial Caldasia. pp. 375-385
- Tapia, L. (2013). *Gerente de Producción de Panavial S.A.-H.C.C.* Sangolquí-Ecuador, Panamericana Vial S.A., y Herdoiza Crespo Construcciones S.A.
- Terex Corporation. (2013). *Plantas de asfalto*. Corporación Alemana, construcción. Alemania. Recuperado de <http://www.terex.com/construction/>
- Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente TULSMA. (2003). *Libro VI de la Calidad Ambiental*. Quito-Ecuador. Recuperado de [http://www.ancupa.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=14&Itemid=73](http://www.ancupa.com/index.php?option=com_content&view=article&id=14&Itemid=73)
- Universidad Tecnológica Equinoccial UTE y Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Rumiñahui GADMUR. (2013). *Aprobación del tema de investigación "La contaminación ambiental por extracción de material pétreo en el Barrio de Cashapamba"*. Sangolquí, Quito-Ecuador.
- Valencia, R. (1999). *Los Sistemas de clasificación de la vegetación, Propuestas para el Ecuador*. Clasificación de Vegetación para el Ecuador continental. Quito-Ecuador: Editorial EcoCiencia. pp. 19-28
- World Leader in Sampling Technologies SKC Inc. (2013). *Equipo Haz-Scanner Epas, Model HIM-6000, para monitoreo de calidad del aire*. Universidad Politécnica Salesiana, Campus-Sur Quito. Ecuador y Estados Unidos. Recuperado de <http://www.skcinc.com/guides.asp>

## **8.- Anexos**

## 8.- ANEXOS

### ANEXO N° 1.

**Línea base ambiental planteada, sendero Rumibosque,  
fotografías tomadas de Google Imágenes, (2013)**



Sendero Rumibosque



Cascada del Sendero Rumibosque



Sendero Rumibosque como centro turístico, y recreativo

## **ANEXO N° 2.**

### **Mapa de actividad minera en la Jurisdicción del Cantón Rumiñahui, y Barrio Cashapamba**



MAPA DE ACTIVIDAD MINERA CANTON RUMIÑAHUI



**GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DE RUMIÑAHUI**

**PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL**

CONTIENE:  
ACTIVIDAD MINERA CANTON RUMIÑAHUI

ELABORADO: DIRECCION DE PLANIFICACION  
UNIDAD DE PLANIFICACION TERRITORIAL  
Equipo Técnico PD Y OT

FUENTE: MAPA BASE : CARTOGRAFIA BASE IGM 50.000  
SENPLADES CARTOGRAFIA TEMATICA 50.000

FECHA: Marzo, 2012    ESCALA: 1:50.000    PLANO: 01

**CONTENIDO**

**DELIMITACION - LIMITES**

- Limite Cantonal
- Limites Parroquiales
- Parroquias Circunvecinas

**ACTIVIDAD MINERA**

- Concesión Minera Archivo
- Concesión Minera en Trámite
- Concesión Minera Explotación
- Concesión Minera Inscrita

2.500 1.250 0 2.500 5.000 Meters

Coordenadas Planas    Coordenadas Geográficas

N  
W    E  
S

PROYECCION UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR  
ZONA 17 S

**UBICACION DEL CANTON**

CANTON RUMIÑAHUI

## ANEXO N° 3.

### Fotografías línea base ambiental sendero Rumibosque, insitu



Vista panorámica de la cascada del Sendero Rumibosque



Vista panorámica del Sendero Rumibosque



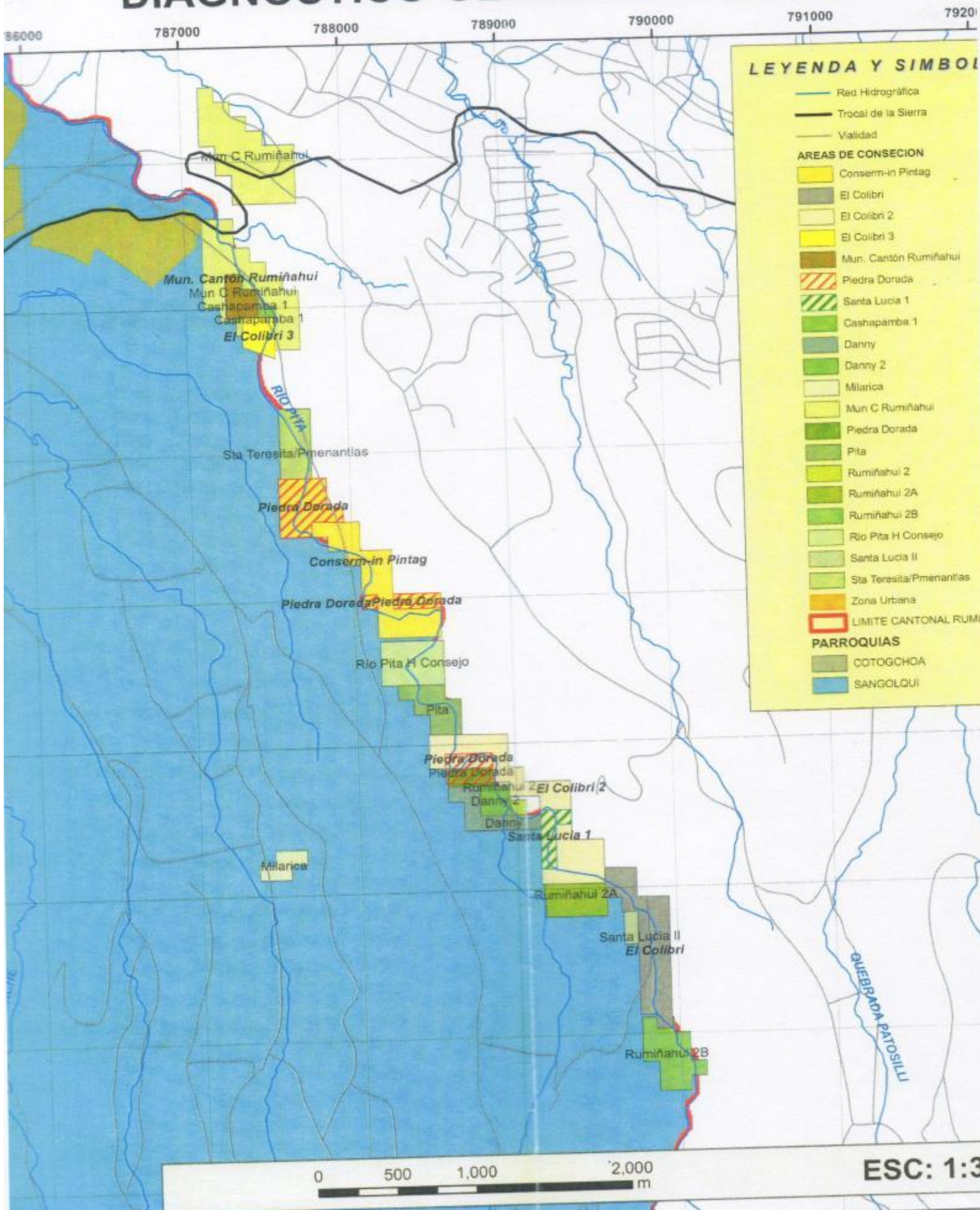
Señalética y Ubicación de la Línea base ambiental "Sendero Rumibosque"



Apoyo técnico de la Ing. María Fernanda Herrera MSc., exfuncionaria del GADMUR

**ANEXO N° 4.**  
**Copia del mapa del diagnóstico general de las**  
**concesiones mineras que operan en el Cantón**  
**Rumiñahui**

# DIAGNÓSTICO GENERAL GADMUR



### LEYENDA Y SIMBOL

- Red Hidrográfica
- Trocaí de la Sierra
- Validad

#### AREAS DE CONSESION

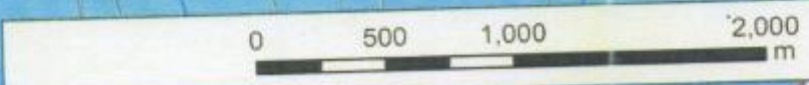
- Conserm-in Pintag
- El Colibri
- El Colibri 2
- El Colibri 3
- Mun. Cantón Rumiñahui
- Piedra Dorada
- Santa Lucía 1
- Cashapamba 1
- Danny
- Danny 2
- Milarica
- Mun C Rumiñahui
- Piedra Dorada
- Pita
- Rumiñahui 2
- Rumiñahui 2A
- Rumiñahui 2B
- Río Pita H Consejo
- Santa Lucía II
- Sta Teresita/Pmenantías
- Zona Urbana

#### LIMITE CANTONAL RUMI

- LIMITE CANTONAL RUMI

#### PARROQUIAS

- COTOGCHOA
- SANGOLQUI



ESC: 1:30

## ANEXO N° 5.

### Fotografías insitu del tipo de minería que se desarrolla en el área de la investigación efectuada



Vista panorámica de la actividad minera en desarrollo



Vista panorámica de emanación de gases en el lugar insitu de explotación de material pétreo



Minería Aluvial, rocas de origen magmático.



Galpones de acero en construcción en el lugar insitu de explotación de material pétreo

**ANEXO N° 6.**  
**Fotografías insitu planta trituradora Panavial S.A. -**  
**H.C.C.**



Planta Trituradora



Trituración Primaria



Trituración Secundaria



Trituración Terciaria

## ANEXO N° 7.

### Fotografías insitu planta asfáltica Panavial S.A. - H.C.C.



Planta asfáltica



Insumo asfáltico fresco ha altas temperaturas



Fundición del material pétreo



Emanación de gases de la planta asfáltica



Instrucción del Funcionamiento de la Planta asfáltica

## ANEXO N° 8.

### Fotografías muestreo caracterización, análisis físico-químico y microbiológico del recurso agua en el punto inicial (1) “Sendero Rumibosque”



Punto (1) aguas, río Pita en el Sendero Rumibosque



Trasvase de la muestra al recipiente de recolección



Muestreo agua en el Punto (1), río Pita en el Sendero Rumibosque



Utilización del EPP, para el muestreo



## **ANEXO N° 9.**

**Resultados caracterización, análisis físico-químico y  
microbiológico del recurso agua en el punto inicial, (1)  
“Sendero Rumibosque”**



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS

LABORATORIO DE QUÍMICA AMBIENTAL  
INFORME DE RESULTADOS

INF-LAB-QAM-33077  
ORDEN DE TRABAJO No 42361

SOLICITADO POR: LUIS BARRIGA  
DIRECCIÓN: AV. GENERAL RUMIÑAHUI Y CALLE  
FECHA DE RECEPCION: 25/09/13  
HORA DE RECEPCION: 10H28  
MUESTRA DE: AGUAS  
DESCRIPCION: P1 RIO PITA  
FECHA DE ANALISIS: DEL 25/09 AL 25/10/13  
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARIA: 30/10/13  
CARACTERÍSTICAS DE LAS MUESTRAS: POCO TURBIA  
ESTADO: LIQUIDO  
CONTENIDO: 4 LITROS  
MUESTREO POR: EL CLIENTE  
OBSERVACIONES: Los resultados que constan en el presente informe se refieren a la muestra tomada por el cliente y entregado al personal técnico del OSP.

INFORME

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	METODO
DBO <sub>5</sub>	mgO <sub>2</sub> /l	<5	MAM-38 / APHA5210 B MODIFICADO
DQO	mgO <sub>2</sub> /l	<8	MAM-23A/COLORIMETRICO MERCK MODIFICADO
OXIGENO DISUELTO	mg/l	5.1	MAM-22/APHA 4500 O C MODIFICADO
pH	---	8.2	MAM-34 / APHA 4500-pH+ MODIFICADO
SOLIDOS DISUELTOS	mg/l	179	MAM-30 / APHA2540 C MODIFICADO
SOLIDOS SEDIMENTABLES	ml/l	<0.1	MAM-28/APHA 2540 F MODIFICADO
SOLIDOS SUSPENDIDOS	mg/l	<8	MAM-31 / APHA2540 D MODIFICADO
DUREZA TOTAL	mgCaCO <sub>3</sub> /l	74	MAM-13 / APHA2340 C MODIFICADO
SOLIDOS TOTALES	mg/l	191	MAM-29 / APHA2540 B MODIFICADO
TPH	mg/l	<0.5	MAM-39 / EPA418.1 MODIFICADO
TURBIDEZ	UNT	<4	MAM-78/METODO RAPIDO MERCK

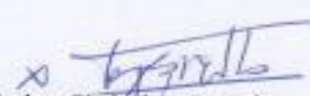


LABORATORIO DE  
ENSAYOS

N° OAE LE 10 04-002

"Los ensayos marcados con ( \* ) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE"



  
Quím. Christian Paredes  
JEFE AREA DE QUÍMICA AMBIENTAL

ANEXO: LISTA DE INCERTIDUMBRES.

I 1/1

RAM-4.1-04



Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gatto Sobral - Teléfonos: 2502-262 / 2502-456, ext. 15, 18, 21, 31, 33  
Telefax: 3216-740 - Web: [www.facquimuce.edu.ec](http://www.facquimuce.edu.ec) - E-mail: [laboratoriososp@hotmail.com](mailto:laboratoriososp@hotmail.com)





UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR  
 FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
 OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS

LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA  
 INFORME DE RESULTADOS

INF.LAB.MI.28318  
 ORDEN DE TRABAJO No. 42362

SOLICITADO POR:	LUIS BARRIGA
DIRECCIÓN DEL CLIENTE:	AV. GENERAL RUMIÑAHUI
MUESTRA DE:	AGUA
DESCRIPCIÓN:	PUNTO 1 RIO PITA
LOTE:	-----
FECHA DE ELABORACION:	-----
FECHA DE VENCIMIENTO:	-----
FECHA DE RECEPCIÓN:	25/09/2013
HORA DE RECEPCIÓN:	10H36
FECHA DE ANÁLISIS:	25/09/2013
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARÍA:	30/09/2013
CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA	
COLOR:	CARACTERÍSTICO
OLOR:	CARACTERÍSTICO
ESTADO:	LÍQUIDO
CONTENIDO DECLARADO:	4 LITROS
CONTENIDO ENCONTRADO:	-----
OBSERVACIONES:	LOS RESULTADOS QUE CONSTAN EN EL PRESENTE INFORME SE REFIEREN A LA MUESTRA ENTREGADA POR EL CLIENTE AL OSP.
MUESTREADO POR:	EL CLIENTE

INFORME

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO
INDICE DE COLIFORMES FECALES	NMP/100 ml	7.8	MMI-12/SM 9221-E

DATOS ADICIONALES:

NMP/100ml: Número mas probable de coliformes por 100 mililitros



LABORATORIO DE ENSAYOS  
 N° OAE LE 1C 04-002

"Los ensayos marcados con ( \* ) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE"



*B.F. Magaly Chasi*  
 B.F. Magaly Chasi  
 JEFE ÁREA DE MICROBIOLOGIA



## ANEXO N° 10.

### Fotografías punto Crítico de la contaminación, lavado de sustancias y compuestos peligrosos, “donde operan las concesiones minera”



Punto crítico de la contaminación donde operan las concesiones mineras



Material Contaminante en orillas y sedimento sobre el Río Pita



Huellas de vehículo pesado (volquetas), que hacen lavado de material contaminante en el Río Pita



Lavado de material contaminante en el Río Pita por parte de las concesiones mineras

## ANEXO N° 11.

### Fotografías muestreo caracterización, análisis físico-químico y microbiológico del recurso agua en el punto medio (2), “crítico de la contaminación”



Muestreo agua, en el Punto medio (2) crítico de la contaminación donde operan las concesiones mineras



Trasvase de la muestra al recipiente de recolección en el punto crítico de la contaminación



Utilización del EPP, para el muestreo de agua en el punto crítico de la contaminación

## **ANEXO N° 12.**

**Resultados caracterización, análisis físico-químico y microbiológico del recurso agua en el punto medio (2), “crítico de la contaminación, donde operan las concesiones mineras”**



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS

LABORATORIO DE QUÍMICA AMBIENTAL  
INFORME DE RESULTADOS

INF-LAB-QAM-33078  
ORDEN DE TRABAJO No 42361

SOLICITADO POR: LUIS BARRIGA  
DIRECCIÓN: AV. GENERAL RUMIÑAHUI Y CALLE  
FECHA DE RECEPCIÓN: 25/09/13  
HORA DE RECEPCIÓN: 10H28  
MUESTRA DE: AGUA  
DESCRIPCIÓN: AGUA PUNTO 2 PUENTE SOBRE RIO PITA  
FECHA DE ANÁLISIS: DEL 25/09 AL 25/10/13  
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARÍA: 30/10/13  
CARACTERÍSTICAS DE LAS MUESTRAS: MUY TURBIA  
ESTADO: LÍQUIDO  
CONTENIDO: 4 LITROS  
MUESTREO POR: EL CLIENTE  
OBSERVACIONES: Los resultados que constan en el presente informe se refieren a la muestra tomada por el cliente y entregado al personal técnico del OSP.

INFORME

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	METODO
DBD <sub>5</sub>	mgO <sub>2</sub> /l	<5	MAM-38 / APHA5210 B MODIFICADO
DQO	mgO <sub>2</sub> /l	<8	MAM-23A/COLORIMETRICO MERCK MODIFICADO
OXIGENO DISUELTO	mg/l	4.6	MAM-22/APHA 4500 O C MODIFICADO
pH	---	7.9	MAM-34 / APHA 4500-pH+ MODIFICADO
SÓLIDOS DISUELTOS	mg/l	223	MAM-30 / APHA2540 C MODIFICADO
SÓLIDOS SEDIMENTABLES	ml/l	0.8	MAM-28/APHA 2540 F MODIFICADO
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	mg/l	446	MAM-31 / APHA2540 D MODIFICADO
DUREZA TOTAL	mgCaCO <sub>3</sub> /l	95	MAM-13 / APHA2340 C MODIFICADO
SÓLIDOS TOTALES	mg/l	662	MAM-29 / APHA2540 B MODIFICADO
TPH	mg/l	<0.5	MAM-39 / EPA418.1 MODIFICADO
TURBIDEZ	UNT	321	MAM-78/METODO RAPIDO MERCK



LABORATORIO DE ENSAYOS

N° OAE LE 10 04-002

"Los ensayos marcados con ( \* ) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE"



Quím. Christian Paredes  
JEFE AREA DE QUÍMICA AMBIENTAL

ANEXO: LISTA DE INCERTIDUMBRES.





UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR  
 FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
 OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS

LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA  
 INFORME DE RESULTADOS

INF.LAB.MI.28319  
 ORDEN DE TRABAJO No. 42362

SOLICITADO POR:	LUIS BARRIGA
DIRECCIÓN DEL CLIENTE:	AV. GENERAL RUMIÑAHUI
MUESTRA DE:	AGUA
DESCRIPCIÓN:	PUNTO 2 PUENTE SOBRE EL RIO PITA
LOTE:	-----
FECHA DE ELABORACION:	-----
FECHA DE VENCIMIENTO:	-----
FECHA DE RECEPCION:	25/09/2013
HORA DE RECEPCION:	10H36
FECHA DE ANALISIS:	25/09/2013
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARIA:	30/09/2013
CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA	
COLOR:	CARACTERÍSTICO
OLOR:	CARACTERÍSTICO
ESTADO:	LÍQUIDO
CONTENIDO DECLARADO:	4 LITROS
CONTENIDO ENCONTRADO:	-----
OBSERVACIONES:	LOS RESULTADOS QUE CONSTAN EN EL PRESENTE INFORME SE REFIEREN A LA MUESTRA ENTREGADA POR EL CLIENTE AL OSP.
MUESTREADO POR:	EL CLIENTE

INFORME

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO
INDICE DE COLIFORMES FECALES	NMP/100 ml	3.3X10 <sup>3</sup>	MMI-12/SM 9221-E

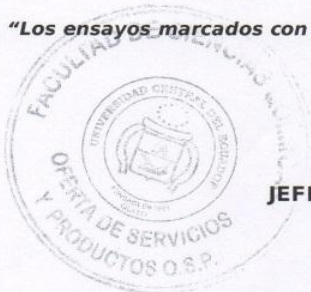
DATOS ADICIONALES:

NMP/100ml: Número mas probable de coliformes por 100 mililitros



LABORATORIO DE ENSAYOS  
 N° OAE LE 1C 04-002

"Los ensayos marcados con ( \* ) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE"



*x Hanaid Herdinez*  
 B.F. Magaly Chasi  
 JEFE ÁREA DE MICROBIOLOGIA





## ANEXO N° 13.

### Fotografías muestreo caracterización, análisis físico-químico y microbiológico del recurso agua en el punto final (3), “aguas abajo, finalización de operaciones mineras, puente vía a Tababela, Troncal de la Sierra E35”



Punto (3) aguas, puente sobre río Pita, actividad minera finalizada



Punto (3) aguas, contaminación ambiental persistente aguas abajo culminadas operaciones mineras



Muestreo agua en el Punto final (3)



Trasvase de la muestra al recipiente de recolección en el punto final (3), culminación de actividad minera

## **ANEXO N° 14.**

**Resultados caracterización, análisis físico-químico y microbiológico del recurso agua en el punto final (3), “aguas abajo, finalización de operaciones mineras, puente vía a Tababela, Troncal de la Sierra E35”**



**UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS**  
**OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS**  
**LABORATORIO DE QUÍMICA AMBIENTAL**  
**INFORME DE RESULTADOS**

INF-LAB-QAM-33079  
**ORDEN DE TRABAJO No 42361**

SOLICITADO POR:	LUIS BARRIGA
DIRECCIÓN:	AV. GENERAL RUMIÑAHUI Y CALLE
FECHA DE RECEPCION:	25/09/13
HORA DE RECEPCION:	10H28
MUESTRA DE:	AGUA
DESCRIPCION:	AGUA PUNTO 3 RIO PITA VIA TABABELA
FECHA DE ANALISIS:	DEL 25/09 AL 25/10/13
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARIA	30/10/13
CARACTERISTICAS DE LAS MUESTRAS:	MUY TURBIA
ESTADO:	LIQUIDO
CONTENIDO:	4 LITROS
MUESTREADO POR:	EL CLIENTE
OBSERVACIONES:	Los resultados que constan en el presente informe se refieren a la muestra tomada por el cliente y entregado al personal técnico del OSP .

**INFORME**

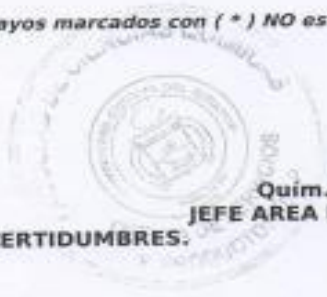
PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	METODO
DBO <sub>5</sub>	mgO <sub>2</sub> /l	<5	MAM-38 / APHA5210 B MODIFICADO
DQD	mgO <sub>2</sub> /l	<8	MAM-23A/COLORIMETRICO MERCK MODIFICADO
OXIGENO DISUELTO	mg/l	5.2	MAM-22/APHA 4500 O C MODIFICADO
pH	---	8.0	MAM-34 / APHA 4500-pH+ MODIFICADO
SÓLIDOS DISUELTOS	mg/l	216	MAM-30 / APHA2540 C MODIFICADO
SÓLIDOS SEDIMENTABLES	ml/l	0.5	MAM-28/APHA 2540 F MODIFICADO
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	mg/l	222	MAM-31 / APHA2540 D MODIFICADO
DUREZA TOTAL	mgCaCO <sub>3</sub> /l	102	MAM-13 / APHA2340 C MODIFICADO
SÓLIDOS TOTALES	mg/l	408	MAM-29 / APHA2540 B MODIFICADO
TPH	mg/l	<0.5	MAM-39 / EPA418.1 MODIFICADO
TURBIDEZ	UNT	230	MAM-78/METODO RAPIDO MERCK



LABORATORIO DE ENSAYOS

Nº OAE LE 1C 04-002

*"Los ensayos marcados con ( \* ) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE"*



**Quím. Christian Paredes**  
**JEFE AREA DE QUÍMICA AMBIENTAL**

**ANEXO: LISTA DE INCERTIDUMBRES.**





UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS

LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA  
INFORME DE RESULTADOS

INF.LAB.MI.28320  
ORDEN DE TRABAJO No. 42362

SOLICITADO POR:	LUIS BARRIGA
DIRECCIÓN DEL CLIENTE:	AV. GENERAL RUMIÑAHUI
MUESTRA DE:	AGUA
DESCRIPCIÓN:	PUNTO 3 RIO PITA PUENTE VIA TABABELA
LOTE:	-----
FECHA DE ELABORACION:	-----
FECHA DE VENCIMIENTO:	-----
FECHA DE RECEPCIÓN:	25/09/2013
HORA DE RECEPCIÓN:	10H36
FECHA DE ANÁLISIS:	25/09/2013
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARIA:	30/09/2013
CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA	
COLOR:	CARACTERÍSTICO
OLOR:	CARACTERISTICO
ESTADO:	LÍQUIDO
CONTENIDO DECLARADO:	4 LITROS
CONTENIDO ENCONTRADO:	-----
OBSERVACIONES:	LOS RESULTADOS QUE CONSTAN EN EL PRESENTE INFORME SE REFIEREN A LA MUESTRA ENTREGADA POR EL CLIENTE AL OSP.
MUESTREO POR:	EL CLIENTE

INFORME

PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO
INDICE DE COLIFORMES FECALES	NMP/100 ml	1.3X10 <sup>2</sup>	MMI-12/SM 9221-E

DATOS ADICIONALES:

NMP/100ml: Número mas probable de coliformes por 100 mililitros



LABORATORIO DE ENSAYOS  
N° OAE LE 10-04-002

"Los ensayos marcados con ( \* ) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE"



x Mariab-HanPineda  
B.F. Magaly Chasi  
JEFE AREA DE MICROBIOLOGIA



3 L/1

Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gatto Sobral - Teléfonos: 2502-262 / 2502-456, ext. 15, 18, 21, 33, 31  
Teléfono: 3216-740 - Web: www.fq.quimicos.edu.ec - E-mail: laboratorioosp@hotmail.com

RMI-4.1-04





Diferencia de los muestreos para caracterización, análisis físico-químicos y microbiológicos del recurso agua, para la comparación efectuada y existente de la contaminación ambiental sobre el cauce del río Pita por la actividad minera. De izquierda a derecha: el punto inicial (1), línea base sendero Rumibosque, punto medio (2), crítico de la contaminación donde operan concesiones mineras; y punto final (3), finalización de actividades mineras, aguas abajo puente vía a Tababela Troncal de la Sierra E35.

## ANEXO N° 15.

### Fotografías muestreo caracterización y análisis macrobiológico “macroinvertebrados”, en el punto inicial (1) “Sendero Rumibosque”



Ensayo y muestreo de macroinvertebrados en el punto (1), Sendero Rumibosque



Separación de agua y sedimento para la recolección de macroinvertebrados en el Sendero Rumibosque



Búsqueda de ejemplares en sedimento recolectado en el punto (1) Sendero Rumibosque



Clasificación e identificación de macroinvertebrados, obtenidos en el punto (1), Sendero Rumibosque

## ANEXO N° 16.

### Fotografías muestreo caracterización y análisis macrobiológico “macroinvertebrados”, en el punto final (2) “aguas abajo, finalización de operaciones mineras, puente vía a Tababela, Troncal de la Sierra E35”



Ensayo de macroinvertebrados, en el punto (2), puente sobre río Pita, actividad minera finalizada



Separación, recolección, y conservación de macroinvertebrados en el punto (2), Culminación de operaciones mineras



Muestreo, y remoción de rocas y sedimento para hallar macroinvertebrados tolerantes a la contaminación, en el punto (2) culminación de actividad minera



Clasificación e identificación de macroinvertebrados, obtenidos en el punto (2), puente sobre río Pita actividad minera finalizada

## ANEXO N° 17.

### Fotografías muestreo caracterización y análisis físico-químico del recurso suelo en el punto (1), “Sendero Rumibosque”



Punto (1) suelo, muestreo en sedimento del río Pita en el Sendero Rumibosque



Muestreo compuesto en sedimento del suelo en el Punto (1), Sendero Rumibosque



Utilización del EPP, para el muestreo compuesto en sedimento, en el Sendero Rumibosque



Conservación, etiqueta y empaque de la muestra obtenida en el sedimento del Sendero Rumibosque



**ANEXO N° 18.**  
**Resultados caracterización y análisis físico-químico  
del recurso suelo en el punto (1), “Sendero  
Rumibosque”**



**UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS**  
**OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS**

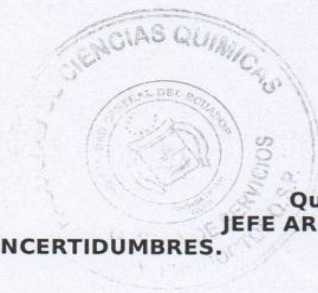
**LABORATORIO DE QUÍMICA AMBIENTAL**  
**INFORME DE RESULTADOS**

**INF-LAB-QAM-33080**  
**ORDEN DE TRABAJO No 42361**

SOLICITADO POR:	LUIS BARRIGA
DIRECCIÓN:	AV. GENERAL RUMIÑAHUI Y CALLE
FECHA DE RECEPCION:	25/09/13
HORA DE RECEPCION:	10H28
MUESTRA DE:	SUELO
DESCRIPCION:	SUELO RIO PITA
FECHA DE ANALISIS:	DEL 25/09 AL 25/10/13
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARIA:	30/10/13
CARACTERISTICAS DE LAS MUESTRAS:	GRIS
ESTADO:	SOLIDO
CONTENIDO:	1KG
MUESTREADO POR:	EL CLIENTE
OBSERVACIONES:	Los resultados que constan en el presente informe se refieren a la muestra tomada por el cliente y entregado al personal técnico del OSP .

**INFORME**

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	METODO
*ACIDEZ	meq	NO DETECTABLE	TITULOMETRICO
*CONDUCTIVIDAD	µs/cm	133.7 (25°C)	EPA 3050Y 7210
*HUMEDAD	% p/p	29.8	EPA 1310 A
*MATERIA ORGANICA	%(p/p)	0.7	METODO DE WALKLEY
*pH	-----	7.0	MAM-67/EPA9045C MODIFICADO
*TEXTURA			DENSIMETRO DE BOYOCOUS
Arena	%	90.2	
Limo	%	3.7	
Arcilla	%	6	
TIPO DE SUELO		FRANCO ARENOSO	
TPH	mg/kg	<100	CROMATOGRAFIA GASES MASA



*Christian Paredes*

**Quím. Christian Paredes**  
**JEFE AREA DE QUÍMICA AMBIENTAL**

**ANEXO: LISTA DE INCERTIDUMBRES.**



## ANEXO N° 19.

### Fotografías muestreo caracterización y análisis físico-químico del recurso suelo en el punto (2), “crítico de la contaminación lavado de sustancias y compuestos peligrosos donde operan las concesiones mineras”



Muestreo compuesto en el Punto (2), crítico de la contaminación donde operan las concesiones mineras



Muestreo en el Punto (2), crítico de la contaminación. Y utilización del EPP



Conservación, y empaque de la muestra obtenida en el sedimento del suelo del río Pita, en el punto crítico de la contaminación donde operan las concesiones mineras



Deposición de Hidrocarburos Totales de Petróleo en sedimento, en el punto crítico de la contaminación, donde las concesiones mineras hacen lavado de material en el río Pita

## **ANEXO N° 20.**

**Resultados caracterización y análisis físico-químico del recurso suelo en el punto (2). “crítico de la contaminación lavado de sustancias y compuestos peligrosos donde operan las concesiones mineras”**



**UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS**  
**OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS**  
**LABORATORIO DE QUÍMICA AMBIENTAL**  
**INFORME DE RESULTADOS**

INF-LAB-QAM-33081  
 ORDEN DE TRABAJO No 42361

SOLICITADO POR:	LUIS BARRIGA
DIRECCIÓN:	AV. GENERAL RUMIÑAHUI Y CALLE
FECHA DE RECEPCIÓN:	25/09/13
HORA DE RECEPCIÓN:	10H28
MUESTRA DE:	SUELO
DESCRIPCIÓN:	SUELO PUENTE RIO PITA PANAVIAL
FECHA DE ANÁLISIS:	DEL 25/09 AL 25/10/13
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARÍA:	30/10/13
CARACTERÍSTICAS DE LAS MUESTRAS:	GRIS
ESTADO:	SÓLIDO
CONTENIDO:	1KG
MUESTREO POR:	EL CLIENTE
OBSERVACIONES:	Los resultados que constan en el presente informe se refieren a la muestra tomada por el cliente y entregado al personal técnico del OSP.

**INFORME**

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	METODO
*ACIDEZ	meq	NO DETECABLE	TITULOMÉTRICO
*CONDUCTIVIDAD	µs/cm	84.4	EPA 3050Y 7210
*HUMEDAD	% (p/p)	24.2	EPA 1310 A
*MATERIA ORGÁNICA	%(p/p)	0.9	METODO DE WALKLEY
*pH	---	8.4	MAM-67/EPA9045C MODIFICADO
*TEXTURA			DENSÍMETRO DE BOYCOUS
Arena	%	91.2	
Limo	%	4.8	
Arcilla	%	4	
TIPO DE SUELO		FRANCO ARENOSO	
TPH	mg/kg	536	CRÓMATOGRAFÍA GASES MASA



Quím. Christian Paredes  
 JEFE AREA DE QUÍMICA AMBIENTAL

ANEXO: LISTA DE INCERTIDUMBRES.



## ANEXO N° 21.

### Fotografías ensayo análisis e índice de calidad del aire en el punto (1), “crítico de la contaminación donde operan las concesiones mineras”



Utilización del EPP, y equipo para el análisis de calidad de aire en el punto (1), crítico de la contaminación donde se desarrolla la actividad minera



Ubicación del Equipo Haz Scanner Epas para ensayo de calidad de aire, en el punto crítico de la contaminación donde operan las concesiones mineras



Calibración automática del Equipo Haz Scanner Epas para análisis de calidad de aire, y asistencia técnica del cuerpo docente de la Universidad Politécnica Salesiana



Registro de datos del monitoreo de análisis e índice de calidad de aire, efectuado en el punto crítico de la contaminación donde operan las concesiones mineras

## ANEXO N° 22.

### Fotografías ensayo análisis e índice de calidad del aire en el punto (2), “Barrio Cashapamba”



Registro de datos del monitoreo de análisis e índice de calidad de aire, efectuado en el punto (2), “Barrio Cashapamba”



Asesoramiento técnico del Ing. Bioquímico Carlos Ulloa MSc., de la Universidad Politécnica Salesiana, para el ensayo de análisis e índice de calidad del aire en el Barrio Cashapamba



Calibración automática del Equipo Haz Scanner Epas para análisis e índice de calidad de aire, en el Barrio Cashapamba

## ANEXO N° 23.

### Fotografías monitoreo y análisis de ruido ambiental, en las fuentes fijas de contaminación acústica de Panavial S.A. - H.C.C., y Consermin S.A.



Monitoreo ruido ambiental en planta asfáltica y de hormigón



Kit análisis de ruido ambiente



Apoyo técnico, de funcionarias de la Dirección de Protección Ambiental del GADMUR.



Monitoreo ruido ambiental en generadores



Apoyo técnico en monitoreo de ruido ambiental en la planta asfáltica



Monitoreo ruido ambiental en planta trituradora